

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2003-31724

(P2003-31724A)

(43) 公開日 平成15年1月31日 (2003.1.31)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

H 0 1 L 23/12

識別記号

5 0 1

F I .

H 0 1 L 23/12

テームコード<sup>®</sup> (参考)

5 0 1 B

5 0 1 P

5 0 1 S

// H 0 1 L 25/04

25/04

Z

25/18

審査請求 未請求 請求項の数29 O L (全 31 頁)

(21) 出願番号 特願2001-240076 (P2001-240076)

(22) 出願日 平成13年8月8日 (2001.8.8)

(31) 優先権主張番号 特願2000-396904 (P2000-396904)

(32) 優先日 平成12年12月25日 (2000.12.25)

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(31) 優先権主張番号 特願2001-140120 (P2001-140120)

(32) 優先日 平成13年5月10日 (2001.5.10)

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72) 発明者 宝蔵寺 裕之

神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地 株

式会社日立製作所生産技術研究所内

(72) 発明者 角田 重晴

神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地 株

式会社日立製作所生産技術研究所内

(74) 代理人 100075096

弁理士 作田 康夫

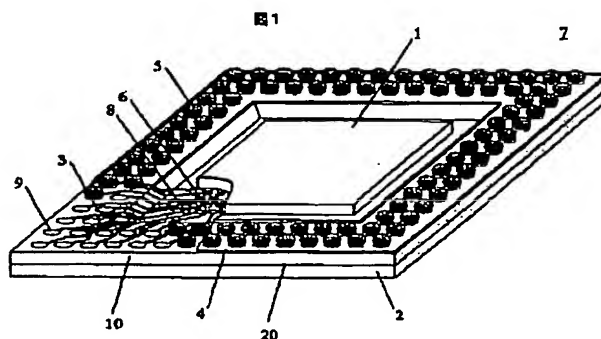
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 半導体モジュール

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 外部基板との接続信頼性に優れた生産効率の良い半導体モジュールを実現する。

【解決手段】 配線3が形成された配線基板2と、該配線基板に形成された配線と電気的に接続された半導体装置1と、該配線基板の該半導体装置を実装した側に配置され、該配線と電気的に接続された外部との接続部分となる外部接続端子5とを備え、該配線基板と該外部接続端子との間に該半導体装置の厚さよりも厚い絶縁樹脂層10を形成した半導体モジュール。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】配線が形成された配線基板と、該配線基板に形成された配線と電気的に接続された半導体装置と、該配線基板の該半導体装置を実装した側に配置され、該配線と電気的に接続された外部との接続部分となる外部接続端子とを備え、該配線基板と該外部接続端子との間に該半導体装置の厚さよりも厚い絶縁樹脂層を形成したことを特徴とする半導体モジュール。

【請求項2】配線が形成された配線基板と、該配線基板に形成された配線と電気的に接続された半導体装置と、該配線基板の該半導体装置を実装した側に形成された、その実装面に対して所定の傾斜を有する傾斜部分と外部との接続部分となる外部接続端子を配置するほぼ平坦な平坦部分とを有する絶縁樹脂層とを備え、該絶縁樹脂層の傾斜部分に該配線の一部を形成して該配線と該外部接続端子とを電気的に接続するように構成したことを特徴とする半導体モジュール。

【請求項3】前記絶縁樹脂層をマスク印刷により形成したことを特徴とする請求項1または2記載の半導体モジュール。

【請求項4】配線が形成された配線基板と、該配線基板に形成された配線と電気的に接続された半導体装置と、該配線基板の該半導体装置を実装した側に、マスク印刷により形成された絶縁樹脂層と、該絶縁樹脂層の上に該配線と電気的に接続された外部との接続部分となる外部接続端子とを備えたことを特徴とする半導体モジュール。

【請求項5】前記絶縁樹脂層の形状が前記半導体装置を囲むような形状であることを特徴とする請求項1～4のいずれかに記載の半導体モジュール。

【請求項6】前記絶縁樹脂層の形状が枠状であることを特徴とする請求項5記載の半導体モジュール。

【請求項7】前記絶縁樹脂層の外周側の傾斜よりも内周側の傾斜が緩やかであることを特徴とする請求項5または6記載の半導体モジュール。

【請求項8】前記絶縁樹脂層が複数個の絶縁樹脂層を用いて前記半導体装置を囲むように配置することで構成されたことを特徴とする請求項1～4のいずれかに記載の半導体モジュール。

【請求項9】前記配線基板が、シリコン基板もしくはガラス基板であることを特徴とする請求項1～8のいずれかに記載の半導体モジュール。

【請求項10】前記絶縁樹脂層が約0.1Gpa～約10Gpaの弾性率を有する絶縁材料で構成されたことを特徴とする請求項1～9のいずれかに記載の半導体モジュール。

【請求項11】前記絶縁樹脂層の膜厚が約10マイクロメートル～約350マイクロメートルであることを特徴とする請求項1～10のいずれかに記載の半導体モジュール。

【請求項12】前記半導体装置が半導体チップ、CSP、B

GA、ウエハレベルCSPのいずれかであることを特徴とする請求項1～11のいずれかに記載の半導体モジュール。

【請求項13】前記半導体装置の実装面から前記半導体装置の裏面までの高さよりも、前記絶縁樹脂層の厚さと前記外部接続端子の高さとの和の方が大きいことを特徴とする請求項1～12のいずれかに記載の半導体モジュール。

【請求項14】前記半導体装置の実装面から前記半導体装置の裏面までの高さ、前記絶縁樹脂層の厚さと前記外部接続端子の高さとの和とがほぼ等しいことを特徴とする請求項1～12のいずれかに記載の半導体モジュール。

【請求項15】配線が形成された配線基板と、該配線基板に形成された配線とバンプを介して電気的に接続された半導体装置と、該配線と電気的に接続された外部との接続部分となる外部接続端子とを備え、アンダーフィルを用いずに該半導体装置を該配線基板に実装する半導体モジュールにおいて、該半導体装置を半導体チップで構成し、該配線基板をシリコン基板で構成したことを特徴とする半導体モジュール。

【請求項16】配線が形成された配線基板と、該配線基板に形成された配線とバンプを介して電気的に接続された半導体装置と、該配線と電気的に接続された外部との接続部分となる外部接続端子とを備え、アンダーフィルを用いずに該半導体装置を該配線基板に実装する半導体モジュールにおいて、該半導体装置の有する半導体チップとバンプとの間に絶縁樹脂層を形成したことを特徴とする半導体モジュール。

【請求項17】配線が形成された配線基板と、該配線基板に形成された配線とバンプを介して電気的に接続された半導体装置と、該配線と電気的に接続された外部との接続部分となる外部接続端子とを備え、アンダーフィルを用いずに該半導体装置を該配線基板に実装する半導体モジュールにおいて、該半導体装置の有するバンプと接続する配線と該配線基板との間に絶縁樹脂層を形成したことを特徴とする半導体モジュール。

【請求項18】前記絶縁樹脂層が約0.1Gpa～約10Gpaの弾性率を有する絶縁材料で構成されたことを特徴とする請求項22記載の半導体モジュール。

【請求項19】前記絶縁樹脂層の膜厚が約10マイクロメートル～約350マイクロメートルであることを特徴とする請求項16または17記載の半導体モジュール。

【請求項20】前記絶縁樹脂層をマスク印刷により形成したことを特徴とする請求項17～19のいずれかに記載の半導体モジュール。

【請求項21】前記外部接続端子が、前記配線基板の前記半導体装置を実装した側に形成された、その実装面に対して所定の傾斜を有する傾斜部分と前記外部接続端子を配置するほぼ平坦な平坦部分とを有する第二の絶縁樹

脂層の上に形成されたことを特徴とする請求項15～20のいずれかに記載の半導体モジュール。

【請求項22】配線が形成された配線基板と、該配線基板に形成された配線とパンプを介して電氣的に接続された半導体装置と、該配線基板と該半導体装置との間に充填する充填材料とを備え、該充填材料がフィラを含まない材料により構成されることを特徴とする実装構造体。

【請求項23】請求項1～22のいずれかに記載される半導体モジュールを実装する外部基板に熱伝導材料層を形成し、前記半導体モジュールの有する半導体装置と該熱伝導材料層とを接続したことを特徴とする実装構造体。

【請求項24】前記半導体装置と前記回路基板とをそれぞれ接続する金属部材を備えたことを特徴とする請求項1～23のいずれかに記載の半導体モジュール。

【請求項25】前記半導体装置を前記配線基板にダイボンディングして接続し、前記半導体装置と前記配線基板に形成された配線とをワイヤボンディングにより電氣的に接続することを特徴とする請求項1～12のいずれかに記載の半導体モジュール。

【請求項26】配線を形成した配線基板と、該配線基板に形成された配線と電氣的に接続する半導体装置と、該半導体装置を覆う絶縁材料と、該絶縁材料上に形成した配線と外部との接続部分となる外部接続電極とを備えたことを特徴とする半導体モジュール。

【請求項27】前記半導体装置と外部接続端子との間にある絶縁材料の中に中間板を設けたことを特徴とする請求項26記載の半導体モジュール。

【請求項28】基板と、該基板の第1の領域に形成された第1の絶縁層と、該基板の第2の領域に実装される半導体チップと、該第1の絶縁層上に形成された外部接続端子と、該半導体チップの電極と該外部接続端子とを電氣的に接続する配線とを有する半導体モジュールであって、

該第1の絶縁層は、該半導体モジュールと該半導体モジュールを実装する他の基板との間に生ずる応力を緩和し、かつ金型を用いて形成されたことを特徴とする半導体モジュール。

【請求項29】請求項28において、前記第1の絶縁層は前記基板の周縁部に形成されていることを特徴とする半導体モジュール。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、一つ以上の半導体装置を搭載した半導体モジュールの構造、およびその製造方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】半導体装置を高密度基板等に搭載する半導体モジュールとして、例えば特開平12-156461号公報に記載ようなチップ・オン・チップ・モジュール

がある。これは図2に示すように、第一チップ上に第二チップを接続し、かつ第二チップを接続した面に外部接続端子を形成するものである。例えば、第一チップを論理チップ、第二チップをメモリチップとして、この2つにより所望の機能を実現可能な半導体モジュールを構成しようとするものである。この外部接続端子としては、はんだカラム、大径のはんだボール、適当な中間基板を介してはんだボールにより接続する方法等を挙げている。この他、ポリマー金属複合体接続、銅めっきカラム、マイクロベルクロ接続を例示している。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】上記構造は、半導体装置を搭載する基板にスルーホールを形成することなく、半導体装置と外部接続端子とを電氣的に接続できる構造であり有効なモジュール構造であるが、それを実現するには、基板における半導体装置搭載面と外部接続端子搭載面とが同一面側となるため、半導体装置の実装高さを考慮した、高さのある外部接続端子を如何に形成するかが重要な課題となる。

【0004】上記従来技術に於いては、前述の如く、はんだカラム、大径のはんだボール、適当な中間基板を介してはんだボールにより接続する方法等を挙げているが、いずれも高密度実装に不向きであったり、生産効率落ちるなどと言った課題が残る。例えば、はんだカラムの場合、その形成方法にはめっき技術、露光技術などが考えられるが、めっき技術では高さのあるものを形成するには時間がかかり、露光技術もアスペクト比の高いものを形成するには不向きである。

【0005】また、半導体モジュールの基板にシリコンやセラミックス、ガラス等の熱膨張係数の小さい部材を使用し、その半導体モジュールを熱膨張係数の大きい有機樹脂基板上に搭載した場合、双方の熱膨張の違いにより接続部に応力が集中し、接続部の接続寿命が低下するという問題が生じる。そのため、単に外部接続端子の高さを確保するだけでなく、実装時の応力緩和を考慮する必要がある。

【0006】本発明の第一の目的は、外部基板との接続信頼性に優れた生産効率の良い半導体モジュールを実現することにある。なお、本明細書においては、半導体モジュールに使用する基板をモジュール基板、半導体モジュールを実装する基板を外部基板と呼ぶこととする。

【0007】我々は、このようなシリコン、セラミックス、ガラス等のモジュール基板に半導体チップや半導体装置を搭載しかつその搭載面側に外部接続端子を形成したモジュールについて開発、研究を進めている。前述の如く、外部接続端子を如何に形成するかは一つの課題であるが、本構造を実現するには、その他、アンダーフィルを用いずに接続信頼性を確保することが生産性を向上させる上では重要な課題となる。従って、本発明の第二の目的は、アンダーフィルを用いずに半導体装置を搭載

する場合の接続信頼性を向上させた半導体モジュールを実現することにある。一方、アンダーフィルを使用することは接続信頼性を向上させる上ではやはり有効であるが、予めアンダーフィルとなる樹脂を塗布した後、半導体装置を搭載して接続する方法では電極間の接続を確保するために搭載時に半導体装置に圧力を加える必要がある。モジュール基板をガラスやシリコンで構成し、それぞれを多数個取りの状態（ウエハ状態）で圧力を加えることとなると、モジュール基板（ガラス、シリコン）に必要以上の強度が求められコストアップにつながる。また、圧力を加えながらアンダーフィルがある程度硬化するまでの時間を待たなければならないので製造タクトの面からも好ましくない。従って、アンダーフィルを予め塗布するのではなく、半導体装置をモジュール基板に搭載した後、半導体装置とモジュール基板とのギャップにアンダーフィルを充填する方法が好ましいが、多数個取りの状態（ウエハ状態）でアンダーフィルを如何に充填するかが重要な課題となる。また、搭載する半導体装置の有する電極が狭ピッチ化した場合にアンダーフィルの充填自体が困難となる。

【0008】従って、本発明の第三の目的は、アンダーフィルの充填を考慮した半導体モジュールを実現することにある。

【0009】その他、モジュール基板に半導体装置を搭載しかつその搭載面側に外部接続端子を形成する構造なので、半導体装置からの放熱を考慮した構造が重要となってくる。従って、本発明の第四の目的は、放熱を考慮した半導体モジュールを実現することにある。

【0010】

【課題を解決するための手段】本発明は、上記第一の目的を達成するために、配線が形成された配線基板と、該配線基板に形成された配線と電気的に接続された半導体装置と、該配線基板の該半導体装置を実装した側に配置され、該配線と電気的に接続された外部との接続部分となる外部接続端子とを備え、該配線基板と該外部接続端子との間に該半導体装置の厚さよりも厚い絶縁樹脂層を形成したものである。

【0011】また、配線が形成された配線基板と、該配線基板に形成された配線と電気的に接続された半導体装置と、該配線基板の該半導体装置を実装した側に形成され、その実装面に対して所定の傾斜を有する傾斜部分と外部との接続部分となる外部接続端子を配置するほぼ平坦な平坦部分とを有する絶縁樹脂層とを備え、該絶縁樹脂層の傾斜部分に該配線の一部を形成して該配線と該外部接続端子とを電気的に接続するように構成したものである。

【0012】また、前記絶縁樹脂層をマスク印刷により形成したものである。

【0013】また、配線が形成された配線基板と、該配線基板に形成された配線と電気的に接続された半導体装

置と、該配線基板の該半導体装置を実装した側に、マスク印刷により形成された絶縁樹脂層と、該絶縁樹脂層の上に該配線と電気的に接続された外部との接続部分となる外部接続端子とを備えたものである。また、前記絶縁樹脂層の形状が前記半導体装置を囲むような形状であるものである。また、前記絶縁樹脂層の形状が枠状であるものである。また、前記絶縁樹脂層の外周側の傾斜よりも内周側の傾斜が緩やかであるものである。また、前記絶縁樹脂層が複数個の絶縁樹脂層を用いて前記半導体装置を囲むように配置するものである。

【0014】また、前記配線基板が、シリコン基板もしくはガラス基板であるものである。また、前記絶縁樹脂層が約0.1Gpa～約10Gpaの弾性率を有する絶縁材料で構成されたものである。また、前記絶縁樹脂層の膜厚が約10マイクロメートル～約350マイクロメートルであるものである。また、前記半導体装置が半導体チップ、CSP、BCA、ウエハレベルCSPのいずれかであるものである。

【0015】また、前記半導体装置の実装面から前記半導体装置の裏面までの高さよりも、前記絶縁樹脂層の厚さと前記外部接続端子の高さとの和の方が大きいものである。また、前記半導体装置の実装面から前記半導体装置の裏面までの高さ、前記絶縁樹脂層の厚さと前記外部接続端子の高さとの和とがほぼ等しいものである。

【0016】また、配線を形成した配線基板と、該配線基板に形成された配線と電気的に接続する半導体装置と、該半導体装置を覆う絶縁材料と、該絶縁材料上に形成した配線と外部との接続部分となる外部接続電極とを備えたものである。また、前記半導体装置と外部接続端子との間にある絶縁材料の中に中間板を設けたものである。また、本発明は、上記第二の目的を達成するために、配線が形成された配線基板と、該配線基板に形成された配線とバンプを介して電気的に接続された半導体装置と、該配線と電気的に接続された外部との接続部分となる外部接続端子とを備え、アンダーフィルを用いずに該半導体装置を該配線基板に実装する半導体モジュールにおいて、該半導体装置を半導体チップで構成し、該配線基板をシリコン基板で構成したものである。また、配線が形成された配線基板と、該配線基板に形成された配線とバンプを介して電気的に接続された半導体装置と、該配線と電気的に接続された外部との接続部分となる外部接続端子とを備え、アンダーフィルを用いずに該半導体装置を該配線基板に実装する半導体モジュールにおいて、該半導体装置の有する半導体チップとバンプとの間に絶縁樹脂層を形成したものである。また、配線が形成された配線基板と、該配線基板に形成された配線とバンプを介して電気的に接続された半導体装置と、該配線と電気的に接続された外部との接続部分となる外部接続端子とを備え、アンダーフィルを用いずに該半導体装置を該配線基板に実装する半導体モジュールにおいて、該半

導体装置の有するパンプと接続する配線と該配線基板との間に絶縁樹脂層を形成したものである。また、前記絶縁樹脂層が約0.1Gpa～約10Gpaの弾性率を有する絶縁材料で構成されたものである。また、前記絶縁樹脂層の膜厚が約10マイクロメートル～約350マイクロメートルであるものである。また、前記絶縁樹脂層をマスク印刷により形成したものである。また、前記外部接続端子が、前記配線基板の前記半導体装置を実装した側に形成された、その実装面に対して所定の傾斜を有する傾斜部分と前記外部接続端子を配置するほぼ平坦な平坦部分とを有する第二の絶縁樹脂層の上に形成されたものである。また、本発明は、上記第三の目的を達成するために、配線が形成された配線基板と、該配線基板に形成された配線とパンプを介して電氣的に接続された半導体装置と、該配線基板と該半導体装置との間に充填する充填材料とを備え、該充填材料がフィラを含まない材料により構成されるものである。本発明は、上記第四の目的を達成するために、上記半導体モジュールを実装する外部基板に熱伝導材料層を形成し、前記半導体モジュールの有する半導体装置と該熱伝導材料層とを接続したものである。また、前記半導体装置と前記回路基板とをそれぞれ接続する金属部材を備えたものである。また、前記半導体装置を前記配線基板にダイボンドして接続し、前記半導体装置と前記配線基板に形成された配線とをワイヤボンディングにより電氣的に接続するものである。

【0017】その他、本発明の目的を達成するために、本願において開示される発明のうち、代表的なものの概要を簡単に説明すれば、次の通りである。また、半導体素子を搭載する配線基板の周辺部に低弾性率樹脂からなる応力緩和層が形成され、該応力緩和層上に該半導体素子からの電気配線に接続された外部接続端子が設けられた半導体装置において、該配線基板上の少なくとも該半導体素子が搭載される領域に低弾性率樹脂層を設け、該低弾性率樹脂層上に該半導体素子との接続端子を設けたものである。

【0018】また、半導体素子を搭載する配線基板の周辺部に低弾性率樹脂からなる応力緩和層が複数形成されており、該応力緩和層上に該半導体素子からの電気配線に接続された外部接続端子が設けられたものである。

【0019】また、さらに、配線基板上の少なくとも半導体素子が搭載される領域に低弾性率樹脂層を設け、低弾性率樹脂層上に半導体素子との接続端子を設けたものである。

【0020】また、上記の応力緩和層の厚さを0.1～0.8mmとするものである。

【0021】また、半導体装置及び半導体モジュールの製造方法であって、半導体素子を搭載する配線基板の周辺部に低弾性率樹脂からなる応力緩和層が形成され、該応力緩和層上に該半導体素子からの電気配線に接続された外部接続端子が設けられた半導体装置や半導体モジュ

ールを製造するものであって、同一基板上に該応力緩和層を1以上同時に形成するものである。

【0022】また、半導体装置及び半導体モジュールの製造方法であって、半導体素子を搭載する配線基板の周辺部に低弾性率樹脂からなる応力緩和層が形成され、応力緩和層上に半導体素子からの電気配線に接続された外部接続端子が設けられた半導体装置を製造するものであって、応力緩和層を金型を用いて形成し、基板に貼り付けるものである。

【0023】さらに、金型は前記応力緩和層の形成用のキャビティを有しており、キャビティに低弾性率樹脂を充填した後、この金型に基板を載置して加圧かつ加熱することにより、キャビティ内の低弾性率樹脂を硬化して基板に貼り付けるようにするものである。

【0024】また、半導体装置及び半導体モジュールの製造方法であって、金型は前記応力緩和層の形成用のキャビティが形成されているとともに、キャビティによって囲まれた領域にくぼみ状の樹脂層形成部が形成されており、キャビティ及び樹脂層形成部に低弾性率樹脂を充填した後、この金型に基板を載置して加圧かつ加熱することにより、キャビティ内及び樹脂層形成部内の低弾性率樹脂を硬化して基板に貼り付けるようにするものである。

【0025】さらに、半導体装置及び半導体モジュールの製造方法であって、キャビティが複数個閉路状に配列されているものである。

【0026】また、半導体モジュールは、基板と、該基板の第1の領域に形成された第1の絶縁層と、該基板の第2の領域に実装される半導体チップと、該第1の絶縁層上に形成された外部接続端子と、該半導体チップの電極と該外部接続端子とを電氣的に接続する配線とを有し、第1の絶縁層は、この半導体モジュールとこの半導体モジュールを実装する他の基板との間に生ずる応力を緩和し、かつ金型を用いて形成されたものである。

【0027】また、上記半導体モジュールであって、基板と半導体チップの間に、半導体チップと基板との間に生ずる応力を緩和する第2の絶縁層を有する構成とする。

【0028】また、上記半導体モジュールであって、第1の絶縁層の厚さが0.1mm～0.8mmとするものである。

【0029】また、上記半導体モジュールであって、第1の絶縁層は基板の周縁部に形成され、さらに、第1の絶縁層は間隙部を有するものである。

【0030】

【発明の実施の形態】以下、図面を用いて本発明を詳細に説明する。なお、本発明を説明する全ての図において、同一符号は同一部位を示しているため、重複する説明を省いている場合があり、さらに説明を容易にするため、構造の一部省略や各部の寸法比は実際とは変えて記



載してある。

【0031】図1は、本発明による半導体モジュールの構造を説明するための、部分断面図である。この半導体モジュールに用いるモジュール基板は、シリコンの場合には、通常の半導体装置製造で使用するようなウエハ状態で製造することも可能である。ガラスやセラミックスを用いた場合にはシリコンと同様のウエハ状態でモジュール基板を製作することも可能であるし、角型の薄板状で基板製作することも可能である。

【0032】図において、半導体装置1は半導体製造工程でいわゆる前工程と呼ばれる半導体回路形成工程を経た半導体チップであったり、BGA、CSP、ウエハーレベルCSPなどのバンプを介して接続する半導体であり、半導体装置1はこれを搭載するモジュール基板2上に設けた電極8とバンプ6を介して接続される。モジュール基板2の半導体装置搭載面で、半導体装置1が搭載されない領域には、保護膜20を介して低弾性率の材料からなる枠状の応力緩和層（以後、低弾性層と呼ぶこともある）10が形成され、半導体装置1と電気的に接続する電極8につながる配線3がこの応力緩和層10上に形成されている。この応力緩和層10上に形成された配線3は、さらに外部基板との接続を行うための外部接続端子5と接続する電極9につながる。この配線3は、少なくとも半導体装置1と接続するための電極8、外部接続端子5と接続するための電極5を除き絶縁層4で被覆される。

【0033】バンプ6には、金等の線材を超音波ボンディング装置により凸型の形状を形成したものや、スズ、鉛、銅、銀、ビスマス、亜鉛、インジウム等の金属を単独あるいは2種類以上混合した合金をはんだバンプ6として用いることができる。さらに、銀や金等の導電性材料を配合した樹脂をバンプ6として用いることも可能である。これらはんだバンプ6は、はんだの微粒子をロジン等からなる材料に配合し、適当なマスクを用いて半導体装置の電極上に印刷し、その後はんだの熔融温度以上に加熱してはんだを熔融させることにより形成することもできる。導電性の粒子を配合した樹脂を用いた場合も同様に、ペースト状の前記樹脂材料を適当なマスクを用いて半導体装置の電極上に印刷し、加熱により硬化あるいは半硬化状態とする方法によってもバンプ形成が可能である。さらに、電極表面の酸化膜を除去し適度な粘着性を有するフラックスを当該電極上に塗布し、適当な粒子径のはんだボールをマスク等により該電極上に整列し、リフロ炉等によりはんだの熔融温度以上に加熱することによりバンプを形成することもできる。これらは当然、外部接続端子5の形成にも適用することができる。

【0034】バンプ6と接続する半導体装置1に設けた電極（図示せず）は、前工程と呼ばれる工程で形成されたアルミニウムや銅の電極や、前工程の後さらにウエハーレベルCSPのような電極から半導体装置表面に銅等の配線で再配線を行った後に形成される電極を用いるこ

とが可能である。この電極表面にニッケルや金等の表面処理を行うことにより、バンプと電極表面のぬれ性を向上させたり、後述する半導体モジュールを外部基板に搭載する等の加熱工程においてバンプ材料が電極中に拡散しバンプと電極部の接合強度の低下を防止させることができる。

【0035】外部接続端子5は、バンプ6と同様にはんだボール以外にも、導電性の粒子を配合した樹脂などにより構成しても良い。外部基板との接続方法によっては、ボールや端子形成を行わずに使用しても良い。

【0036】半導体装置1には、半導体チップ、BGA、CSP、ウエハーレベルCSPなどの他、QFP、TSOPなどのリードタイプの半導体装置も使用しても良い。

【0037】次に、本構造における応力緩和層10について説明する。応力緩和層10については、種々実験検討をおこなった結果、低弾性の材料層を介して外部接続端子（例えばはんだボール）を形成することが好ましく、これによって所定の高さの確保と応力緩和の両方を実現できる。ここで低弾性とは、室温において0.1GPaから10GPaの弾性係数を有するものを言う。この範囲の弾性係数を有する応力緩和層であれば信頼性のある半導体モジュールを提供することができる。0.1GPaを下回る弾性係数の応力緩和層の場合、半導体モジュールそのものの重量を支えることが困難になって半導体モジュールとして使用する際に特性が安定しないという問題が生じやすく、10GPaを越える弾性係数の応力緩和層を使用すると、応力緩和層10自身が持っている内部応力のためにモジュール基板2の反りが発生し、露光工程でのビントズレや配線形成工程などでのハンドリング不具合などが発生し易くなり、さらにはモジュール基板2が割れるという不具合が発生する危険性すらあるからである。

【0038】図3は、半導体モジュールの外形寸法とこの半導体モジュールを樹脂基板に搭載し接続部分の寿命を確保するのに必要な応力緩和層の厚さを示したものである。なお、同じ半導体モジュール寸法であっても、応力緩和層の弾性率が低い場合には応力緩和層の厚さを薄くしても接続寿命の確保が可能であることから、図では、弾性率を考慮した応力緩和層の許容範囲を示している。図から分かるように、半導体モジュールの寸法が大きくなると接続寿命を確保するための応力緩和層を厚くする必要が生じる。例えば、半導体モジュールサイズが30mm程度の場合、応力緩和層の厚さは350μm程度必要となる。それに満たない場合は応力を緩和することができず、それを越える場合はモジュール基板に歪を与えるので好ましくない。応力緩和層のような樹脂層の厚膜化は、樹脂層が厚くなると基材の破損や樹脂層のクラック、剥離等を生じる可能性がある。また、例えば、半導体モジュールの対角寸法が2乃至3mmと小さければ、

応力緩和層を無くしたとしても、半導体モジュールとこれを搭載する外部基板との間で生じる熱応力は、半導体モジュールの有する絶縁層20によって緩和することも理論上は可能である。但し、半導体モジュールを外部基板に実装した場合において、モジュール基板2に搭載する半導体装置1が外部基板に接触しないような高さを確保する手段が別途、必要になることは言うまでもない。従って、一般的なモジュールサイズである一辺が30mmまでのものを対象とすると、応力緩和の観点から最大350マイクロメートル程度の厚さが応力緩和層10に必要となる。一方、外部基板への実装時における高さ確保の観点からは、半導体モジュールの有する半導体装置1の裏面が外部基板に接触しないようにする必要があり、モジュール基板と外部基板とのギャップを、モジュール基板から半導体装置1の裏面までの高さに対して同等以上に形成しなければならない。一般に、外部接続端子5をはんだボールで構成した場合、外部基板への接続時においてははんだは溶融し、外部基板側の電極上を濡れ拡がると同時にはんだの表面張力により半導体装置が外部基板に引き付けられるため、実装前に比べてその外部接続端子の高さは低くなる。従って、実装後の外部基板との接触による半導体装置（特に半導体チップ）裏面への影響を考慮するのであれば、モジュール基板2から外部接続端子の先端までの高さ（半導体モジュールの有する応力緩和層の厚さと外部接続端子との高さの和）を、モジュール基板から半導体装置1の裏面までの高さよりも高くなるように形成することが好ましい。図28は本発明の半導体モジュールを外部基板15に搭載した状態を示したものである。半導体装置1は外部基板15との間に適当な間隔を保って搭載されている。通常外部基板15の表面は配線等が形成されているため完全に平坦な構造ではない。そのため、半導体装置1の裏面と外部基板15の間に適当な距離が保たれないと、半導体モジュール搭載のためのリフロ工程等で外部基板15が変形し、半導体装置1の裏面が外部基板15に接触し半導体装置1の損傷、機能劣化等を生ずる場合がある。外部基板15の平坦性、リフロ工程での外部基板15の変形を考慮し、半導体装置1の裏面と外部基板15との距離は少なくとも0.05mm以上にする必要がある。一方、半導体装置1の裏面と外部基板15との間隔を広くしようとした場合、応力緩和層10を厚くするかあるいは半導体装置1を非常に薄くする必要がある。半導体装置1の薄型化は、素子の機械的強度低下を招くため、極端な薄型化は困難である。一方、応力緩和層10の形成過程で応力緩和層材料が加熱流動するため、応力緩和層10の厚肉化にも限界がある。そこで、半導体装置1の機械的な強度低下を招かず、応力緩和層10の形成が可能な範囲を考慮して半導体装置1の裏面と外部基板15の間隔は0.7mm以下とするのが好ましい。逆に、実装後の外部基板との接触による半導体装置（特に半導体チップ）裏面への

影響が問題とならないのであれば、モジュール基板2から外部接続端子の先端までの高さ（半導体モジュールの有する応力緩和層の厚さと外部接続端子との高さの和）を、モジュール基板から半導体装置1の裏面までの高さとはほぼ同じにしても良い（但し、モジュール基板から半導体装置1の裏面までの高さの方が大きくてはいけない）。この場合、半導体モジュールを外部基板へ実装すると、半導体装置1の裏面が外部基板と接触することで一定のギャップを保持でき、図4（A）（B）に示すように円筒状さらには図4（C）に示したような鼓状のはんだ接続部を形成することが可能となる。このうち図4（C）に示す鼓状のはんだ接続形状は、球状のはんだ接続に比べて接続部の疲労寿命が長くなることが知られている。

【0039】従って、前述の応力緩和の観点にこの高さ確保の観点を加味すると、応力緩和層10の厚さは半導体モジュールの寸法、搭載する半導体装置の厚さ、半導体モジュールと外部基板の接続ピッチによって種々異なるが、概ね半導体モジュール寸法が一辺30mmまでのものについては、半導体モジュールに搭載された半導体装置が外部基板と接触しない厚さから最大値350μmまでの厚さの応力緩和層10を用いることが好ましいこととなる。次に、応力緩和層10の形状について説明する。応力緩和層10の形状は、図1からも分かるように、半導体装置1の周辺を囲むような枠状とすることが好ましい。枠状とすることで外部接続端子5の配置面積を十分に確保することができる。また、半導体装置1などをモジュール基板2の中央付近に配置するが、その実装面積をも十分に確保でき、実装位置の制限も少ないと言った効果もある。一般に半導体装置などのバンブ間隔は狭ピッチ化しており、それに伴い半導体装置を受ける回路基板側の負担が増え、回路基板においてバンブから所望の位置へ配線を引き回すことが困難となりつつある。これは、通常の殆どの回路基板（プリント基板）では耐熱性の低い有機材料を用いており、そのため微細配線を形成するのに好適なスパッタによる形成手法を用いることが出来ないからである。このような状況下では、半導体装置のバンブピッチに対して半導体モジュールの外部接続端子ピッチを拡大するように構成することが求められる。応力緩和層10を枠状に形成すれば、全ての配線が中央付近から外側に殆ど規則的に放射状に伸びるように形成でき、バンブ6から外部接続端子5までのピッチを拡大するような配線3を容易に引き回すことができる。半導体モジュールを外部基板へ実装（配線の引き回し）することを考えても、モジュール基板2の外周付近に外部接続端子6が配置されていた方が良い。モジュール基板の外周付近になるほど、枠状の応力緩和層10の一辺が長くなり、それによってバンブを実装する面積が拡大し、外部接続端子5間のピッチをより広くすることが可能となるからである。なお、モジュール基板2には耐熱

性の高いシリコン基板、ガラス基板、セラミック基板などを使用するので、前述のスパッタにより微細な配線を形成することが出来る。

【0040】応力緩和層10の断面は台形形状でありモジュール基板2に対して傾斜する部分を有するが、この傾斜角度を最適化することで配線3の断線を抑制することが可能となる。平均勾配は5乃至45%程度が好ましい。5%を下回る傾斜角の場合、傾斜が長くなりすぎて所望の膜厚が得られない。例えば、平均勾配3%の傾斜角で厚み100マイクロメートルとするためには、3mm超の水平距離が必要となり左右のエッジ部をあわせるとほぼ7mmがなければ所望の膜厚が得られないことになる。一方、傾斜角が45%超の場合、水平距離の点では問題がないが、逆に配線形成の際に十分なステップカバレージが得られない危険性が高い。特にめっきレジストの付き回りや露光および現像の工程でのプロセスマージンがなく、特別な技能または技術が必要となる。さらに傾斜角が大きい場合には、いわゆる応力集中効果が作用してそのエッジ部に応力が集中し、その結果としてエッジ部で配線3の断線が発生しやすくなる傾向があらわれ、配線構造に特別な工夫が必要となる場合がある。

【0041】配線3の断線を効果的に防止するには、例えば、応力緩和層10の傾斜部で配線3を太くすることが好ましい。この場合、必ずしもすべての配線3を同じ太さにする必要はなく、例えば図5に示すように電源/グランド線と信号線とで配線3の幅を変えるようにしてもよい。図中において、メッシュを施した領域が応力緩和層10である。この場合、電気的な特性を考慮すると一般には電源/グランド線を信号線よりも太くすることが望ましい。信号線を太くした場合、これにより配線の有する容量成分が増加し、高速動作時に影響を及ぼすからである。逆に電源/グランド線を太くすると電源電圧が安定するという効果が期待できるのでむしろ好ましい。したがって、図示するように信号用配線については、応力の集中する部分だけを最低限緩和できるようにエッジ周辺を太くしたパターンとし、電源用またはグランド用配線については傾斜部を一樣に太くすることが望ましい。一方、応力緩和層が形成されていない領域（無地部）については、配線の容量成分の影響を考慮し、信号配線を細くしている。ただし、これは半導体装置の種類やその配線パターンによりその都度考慮する必要がある。例えば、半導体装置やその配線パターンにも依存するが、保護膜20の厚みを増大すると配線の容量低減に大きな効果があるので、応力緩和層が形成されていない領域で信号配線を太くせざるを得ない場合には、保護膜20を厚く形成することが望ましい。具体的には、配線幅を10%増大させる場合には、保護膜20の膜厚も約10%程度増大させることが望ましい。

【0042】また、図示はしていないが、配線3として銅配線の上にニッケル層を形成したものをを用いると、半

導体モジュールと外部基板との間に働く熱応力により配線3が変形を受け、その後その応力が解放されたときに、配線3はニッケル層のばね性により変形前の形状に戻ることができる。例えば、半導体モジュールの動作により引き起こされる熱応力の作用により、応力緩和層及びその上に形成されている配線3がお互いに密着した形で変形する。このときの配線の変形には応力緩和層のふくらみ部分にある配線の冗長部分のたわみ部分が用いられる（ふくらみ部分については後述する）。その後、熱応力等から解放されて応力緩和層が元の形状に戻ったときに、配線3が銅配線のための銅配線は銅配線自身のばね性では元の配線形状に戻りにくい。一方、銅配線の上にニッケル層を形成すると、そのニッケル層のばね性により配線（銅配線）は元の形状に容易に戻ることができる。なお、銅配線の上に形成されるのはニッケル層に限らず、銅配線の上でニッケル層と同程度のバネ性を持つものであってもよい。

【0043】図6は、基板に複数の半導体装置を搭載した半導体モジュール構造の実施例である。半導体装置1a~1eは、複数個の同一あるいは異なった機能を有する半導体装置からなる。半導体装置とこれを搭載する基板との接続は、前述した方法を単一あるいは複数組み合わせで行うことができる。さらに、必要に応じて、抵抗、コンデンサ、コイル等のチップ部品も同時に搭載して用いることも可能である。この場合もモジュール基板への搭載接続をリフロープロセスにより行うことを考慮すると、半導体装置1などのパンプ6ははんだボールであることが望ましい。例えば、所望の機能を実現するマイコンと、メモリとをそれぞれ搭載すれば、ある機能を備えた半導体モジュールを構成することが出来る。例えば、携帯情報端末において、予め電子機器内に保存されていたり、カメラ機能等を用いた撮影、あるいは通信手段等により取得した静止画、動画、音声等の情報を高速で処理する半導体モジュールや、高品位テレビや、セットトップボックス、ゲーム機器等において高速で多量の画像、音声等の情報を処理する役割を有する半導体モジュール等に適用可能である。従来は、ユーザであるセットメーカーなどがメモリ、マイコンなどの半導体を個別に購入し、配線の引き回しなどのレイアウト設計を行い、その設計に基づいて半導体を外部基板（回路基板）上に実装していたが、このように所定の機能を実現した半導体モジュールを提供できれば、ユーザはこの半導体モジュールを1つの部品として取り扱うことができ、設計の負担は激減する。特に数ヶ月おきに新機能を追加したり、機能のバージョンアップなどがある分野、例えば携帯電話や携帯情報端末等で有効となる。

【0044】以上説明した半導体モジュールにおける配線3は、搭載する半導体装置1のピン数およびピン間隔、配列状態に応じて2層以上形成して用いることも可能である。図7では、応力緩和層を2層（20、30）



で構成し、応力緩和層30上に形成された配線（図示せず）のほか、半導体装置6の有するパンプ6と接続する電極8から、応力緩和層30を介して保護膜20上に形成した配線31（この配線は応力緩和層20上の配線でもある）へ接続し、応力緩和層20上で応力緩和層30を介して外部接続端子5と接続する電極9と接続するように構成している。応力緩和層30は、上下配線間の絶縁を確保出来ればよく、応力緩和層20を覆うようにして半導体装置1の搭載面も含めて形成される。図では、半導体装置1に半導体チップを使用しているため、半導体装置1とモジュール基板2との間にはアンダーフィル24が充填されている。

【0045】図8、9にこれらの半導体モジュールの製造工程を示す。本発明の半導体モジュールに用いるモジュール基板は、ウェハ形状で製造すれば一度の工程で複数個を同時に製造可能であるが、本説明では説明を簡単にするため、図1の形態に基づき1つ分の半導体モジュールに関して説明する。

【0046】図8（a）は、半導体装置を搭載する基材2に絶縁膜20を形成したものである。この半導体装置搭載基板に用いる基材2は、半導体装置としての機能を有しないものや、抵抗、容量、コイルのような受動素子の機能を有するものや、あるいは通常のメモリ、マイコンのような半導体装置のような能動素子としての機能を有するものを用いることができる。基材が上記機能を有する場合、前記絶縁膜20には、基材上に形成する配線と接続するための開口部（図示せず）が必要に応じて設けてある。この絶縁膜20は、後に形成する応力緩和層10と基材2との反応抑制、密着性向上のために設けたものであり、これらが問題とならないのであれば形成する必要は必ずしもない。

【0047】図8（b1）から（b4）は、絶縁膜20上に応力緩和層10を形成する工程である。先ず図8（b1）の工程では、基材2上に形成した絶縁膜20の上に応力緩和層形成のためのマスクをセットする。このマスクは、図8（b1）に示したように絶縁膜20に接触させても良いし、絶縁膜20から適当な間隔に離してセットしても良い。次に、図8（b2）の工程では、応力緩和材料12を前記マスク上に載せ、スキージ13をこのマスク上で平行移動させることにより、マスクの開口部14に応力緩和材料12を塗り込む。マスクを絶縁膜から適当な間隔をおいてセットした場合には、スキージによる応力緩和材料12の塗り込み過程で応力緩和材料が絶縁膜20と接触するようにスキージに適当な圧力を加え、マスクが基材側に摺むようにして応力緩和材料12の塗り込みを行う。スキージの平行移動速度、基材側への圧力等の条件は、使用する応力緩和材料の粘度、チキソトロピック性、マスクの開口形状、マスクの厚さ等によって種々変更可能である。本実施例に於いてはマスクの開口形状は枠状としている。ウェハ状態で形成す

るなどにして複数個を同時に形成する場合は、開口部14は1つの半導体モジュールに対応させる。

【0048】マスクの開口部14への応力緩和材料12を塗り込み後、図8（b3）のようにマスクを絶縁膜部から取り除き、その後、応力緩和材料は加熱炉等で適当な時間硬化を行い、図8（b4）に示した応力緩和層10が形成される。絶縁膜20上からマスクを取り外す工程で応力緩和材料12が周囲に広がる場合や、応力緩和材料12の硬化のため材料の温度が上昇する過程で応力緩和材料の粘度低下が生じ、応力緩和材料12が周囲に広がるため、応力緩和層10の端部の形状は絶縁膜部と段差が生じない斜面部が形成される。図では、応力緩和層10の有する傾斜部は外側の方が内側よりも傾斜が急であるが、これは実装密度を考慮したためであり、応力緩和層10上に配線を形成しない側であるため問題はない。当然のこととして外側と内側の傾斜をほぼ同じように形成しても良い。外側と内側の傾斜角を積極的に変えるのであれば、図10に示すようなマスク401を用いて印刷形成するのが良い。すなわち、内側の傾斜を形成するマスク部分を多段階の厚みにし、中央に向かうほど厚みを薄くしたマスクを用いることが好ましい。

【0049】また、図では、応力緩和層10の外周側のエッジは、最終的に1つの半導体モジュールとなるモジュール基板2よりも内側に来るように形状をコントロールしている。これは、ウェハレベルから個別の半導体モジュールに切り分ける際のダイシングを容易にするためでもあるが、保護膜4で応力緩和層10の全部（電氣的接続部分を除く）を覆うことで信頼性を向上させるためでもある。図1では、簡単のため、絶縁層4により応力緩和層10の外側を覆わない例を示している。このような構成の場合、応力緩和層10とモジュール基板2との物性が異なるので応力緩和層10のダイシングとモジュール基板2のダイシングとを2段階に分けるのが好ましい。

【0050】図8（c）では、応力緩和層11および絶縁膜20に、半導体装置を搭載するための電極、この基板よりなる半導体装置と外部基板とを接続するための電極、上記2種類の電極を相互に接続するための配線3を形成する。先ず、上記電極および配線を電気めっき法で形成するための給電膜をスパッタリング等の方法により形成する。本手法は微細配線を形成するのに好適である。その後、この給電膜上に露光によりパターン形成が可能なフォトレジストを塗布し、電極および配線パターンを形成した露光用マスクを用いて前記パターン部のフォトレジスト部を除去する現像を行う。フォトレジストにより除去されたパターンを用いて電気めっきを行い、電極部ならびに配線部が形成される。めっきによる必要厚さの電極ならびに配線を形成後、適当なエッチング液を用いて不要となったフォトレジストおよび給電膜を除去し、図8（c）の形状が得られる。なお、スパッタリ

ングにおいて400℃程度の高温処理が加わるが、本実施例ではシリコンやガラス、セラミックス等の耐熱性の基板を使用するので、基板が膨張することによる配線形成不良などはない。

【0051】また、図7に示したように、複数の半導体装置1をモジュール基板2上に搭載する場合、各半導体装置1間の配線が必要である場合や、モジュール基板2の基材が抵抗等を有する場合には、これらを相互に接続する必要があり、絶縁膜20や応力緩和層10上に形成する配線が1層では不十分な場合があるが、この場合は前記配線工程を2回以上繰り返し電極や配線を形成すれば良い。

【0052】図9(a)は応力緩和層10や絶縁層20に設けた配線を保護し、電極上のはんだ等の流出を防止する絶縁層4を形成するものである。絶縁層4は、エポキシ樹脂やシリコン樹脂、ポリイミド樹脂からなる絶縁層材料を塗布し、適当なフォトマスク等を用いて露光、現像を行い各電極部におけるはんだ等の接合部の開口を行う。絶縁層4の材料の塗布は、一般の半導体の製造工程で適用されるスピンコート法や、シート状の絶縁層形成材を絶縁層形成面に貼り合せたり、あるいはカーテンコート法やロールコート法等の印刷法により行うことも可能である。

【0053】図9(b)では、図9(a)迄の工程で作成した基板に半導体装置1を搭載する工程である。この工程では、まず、半導体装置の bumps に対応する基板上の電極にフラックスあるいははんだペーストを塗布する。半導体装置搭載部とその周囲に設けた応力緩和層の高低差が小さい場合には基板上の電極部へのフラックス等の塗布にマスクを用いた印刷法により行うことができる。しかし、前述の高低差が大きくなると半導体装置搭載部へのフラックス等の塗布が困難となる。この場合は、半導体装置の bumps にフラックス等を転写してから基板上の電極部に接続する方法や、基板上の電極位置に対応して配列したピンにフラックス等を転写し、これをさらに基板上の電極に転写する方式によりフラックス等を電極上に塗布することが可能である。上述した方法でフラックス等を基板上の電極に塗布後、半導体装置を基板上に搭載し、bumps の溶融温度以上に加熱することにより半導体装置と基板との接合を行うことができる。

【0054】図9(c)は半導体装置1を搭載したモジュール基板2と外部基板との接続をおこなうための外部接続端子となるはんだボール5を搭載する工程である。はんだボール5の搭載は、半導体装置1の搭載と同様な方法を用いて外部基板接続用電極部にフラックス等を塗布し、適当なマスクを用いてはんだボールを対応する電極位置に配列させる。その後、はんだボールの溶融温度以上に加熱させることにより、はんだボールを応力緩和層11上の電極に固定する。はんだボール5を2列以上配置すると、搭載領域の平坦度が要求される。その場合、

図示はしていないが、応力緩和層10の平坦化処理を図9(b-4)の後で行うことが有効である。

【0055】半導体装置の基板上への搭載あるいは基板上へのはんだボール搭載後、当該半導体装置の製造工程で使用したフラックスを除去するため、当該半導体装置の製造では必要に応じて洗浄工程を追加する。

【0056】さらに、図11に示したように、半導体装置と基板の隙間に樹脂24を充填して用いることも可能である。この半導体装置と基板の隙間に充填する樹脂としては、エポキシ樹脂、フェノール樹脂、シリコン樹脂等を単独、あるいは2種類以上混合したものに、二酸化珪素、酸化アルミニウム等の充填材や、カップリング剤、着色剤、難燃剤等を必要に応じて配合しても良い。以上述べたような工程により本発明の半導体装置を製造することができる。特に、応力緩和層10を高粘度で液状の低弾性樹脂材料を適当なマスクを用いて印刷法により形成すれば、樹脂の硬化過程でこの低弾性樹脂が流動し、印刷部分と非印刷部分の境界部分がなだらかに続いた形状を形成することが出来る。なだらかに続いた形状であれば、印刷部分上部および非印刷部分に一括で配線3を形成することもできる。すなわち、本構造では外部接続端子5までの配線3を応力緩和層10上に形成しなければならないが、マスク印刷であればその傾斜部分を含めた形状のコントロールができ、配線が断線しないような所望の傾斜に形成することができ、半導体モジュールの信頼性を向上させることができる。また、マスク印刷を用いてこの低弾性材料層を形成することで極めて生産効率の良い半導体モジュールを実現することができる。また、その形状のコントロールにも優れる。

【0057】ところで、応力緩和層10の形成用の材料は、ペースト状のポリイミドが好ましく、保護膜20の上に印刷塗布された後に加熱することで硬化することが出来る。また、このペースト状のポリイミドは、ポリイミドの前駆体と溶媒およびその中に分散した多数のポリイミドの微小粒子からなっている。微小粒子としては、具体的には平均粒径1乃至2マイクロメートルであり、最大粒径が約10マイクロメートルとなる粒度分布を有する微小粒子を使用した。ポリイミドの前駆体は、硬化するとポリイミドの微小粒子と同一材料となるので、ペースト状のポリイミドが硬化した際には、一種類の材料からなる均一な応力緩和層10が形成されることとなる。ここでは、応力緩和層形成材料としてポリイミドを用いたが、アミドイミド樹脂、エステルイミド樹脂、エーテルイミド樹脂、シリコン樹脂、アクリル樹脂、ポリエステル樹脂、フェノール樹脂、エポキシ樹脂、尿素樹脂、ポリエーテルスルホン樹脂およびこれらを変性した樹脂などを用いることも可能である。ポリイミド以外の樹脂を使用する場合には、上記ポリイミド微小粒子表面に相溶性を付与する処理を施すか、あるいは、上記ポリイミド微小粒子との親和性を向上するように樹脂組成

に変成を施すことが望ましい。上記列挙した樹脂のうち、イミド結合を有する樹脂、例えばポリイミド、アミドイミド、エステルイミド、エーテルイミド等では、イミド結合による強固な骨格のおかげで熱機械的特性、例えば高温での強度などに優れ、その結果として、配線のためのめっき給電膜形成方法の撰択肢が広がる。例えば、スパッタなどの高温処理を伴うめっき給電膜形成方法を選択できる。シリコーン樹脂やアクリル樹脂、ポリエステル樹脂、アミドイミド、エステルイミド、エーテルイミドなどイミド結合以外の結合で縮合した部分がある樹脂の場合、熱機械特性は若干劣るものの加工性や樹脂価格などの点で有利な場合がある。例えば、ポリエステルイミド樹脂では、一般にポリイミドよりも硬化温度が低いので扱いやすい。このようにペースト状のポリイミド中にポリイミド微小粒子を分散させることで材料の粘弾特性を調整することが可能となるため、印刷性に優れたペーストを使用することが出来る。微小粒子の配合を調整することで、ペーストのチキソトロピー特性を制御することが可能となるため、粘度の調整と組み合わせることで、印刷特性を改善することが出来る。また、応力緩和層10の傾斜角度を調節することもできる。好適なペーストのチキソトロピー特性は、回転粘度計を用いて測定した回転数1 rpmでの粘度と回転数10 rpmでの粘度の比から求めた、いわゆるチキソトロピーインデックスが2.0から3.0の範囲にあることが望ましい。なお、チキソトロピーインデックスに温度依存性が現れるペーストの場合、チキソトロピーインデックスが2.0から3.0の範囲になるような温度領域で印刷すると良い。

【0058】このように印刷により応力緩和層10を形成すると、図12に示すように、ちょうどマスク開口部のエッジに対応した位置近傍にふくらみ部分が存在するが、このふくらみ部分の位置および存在の有無については、ペースト状のポリイミドの組成を調整したり、印刷に関わる各種条件を変更することで、ある程度制御可能となる。なお、この場合の印刷に関わる各種条件としては、メタルマスク厚さ、スキージ速度、スキージ材質、スキージ角度、スキージ圧（印圧）、版離れ速度、印刷時のウェーハの温度、印刷環境の湿度等々があげられる。

【0059】図示するように、応力緩和層10にふくらみ部分を積極的に形成した場合は、配線3のたわみ部分を形成することができ、これにより熱膨張などによる応力を吸収しやすい構造となり、断線をより防止することができる。具体的には、応力緩和層10の平均厚さに対して、最大で約25マイクロメートル、望ましくは7乃至12マイクロメートル程度の高さを持つふくらみ部分が形成されることが好ましい。この程度の頂点であれば、マスク印刷により十分形成可能である。例えばこのふくらみ部を半径が10マイクロメートルの半円筒形状

と仮定すると、ふくらみ部の半弧の長さは $(2 \times 3.14 \times 10 \text{ マイクロメートル}) / 2 = 31.4 \text{ マイクロメートル}$ となり、配線の冗長長さはふくらみ部1個について $31.4 - 10 = 21.4 \text{ マイクロメートル}$ となる。このように、配線34に冗長部を設けることができるため、配線構造およびはんだ接合部に作用する熱応力が緩和され、従って、信頼性の高い配線構造を提供できる。

【0060】さらに、応力緩和層10の材料の硬化温度は100℃から250℃までのものを用いる事が望ましい。硬化温度がこれより低い場合、半導体モジュール製造時の工程内での管理が難しく、硬化温度がこれより高くなると硬化冷却時の熱収縮でモジュール基板への応力が増大する懸念があるからである。

【0061】また、硬化後の応力緩和層10はスパッタ、めっき、エッチングなどのさまざまな工程にさらされることから、耐熱性、耐薬品性、耐溶剤性などの特性も要求される。具体的には、耐熱性としてそのガラス転位温度( $T_g$ )が150℃超400℃以下であることが望ましく、より望ましくは $T_g$ が180℃以上、最も好ましくは $T_g$ が200℃以上である。

【0062】図13はガラス転移温度( $T_g$ )と線膨張係数の関係を示す実験結果である。これより、ガラス転移温度( $T_g$ )が200℃以上であれば、クラックが発生していないことが分かる。なお、工程中での様々な温度処理における変形量を抑える観点から、 $T_g$ 以下の領域での線膨張係数( $\alpha$ )は小さいほど好ましい。具体的には3ppmに近いほどよい。一般に低弾性材料は線膨張係数が多い場合が多いが、好適な線膨張係数の範囲は3ppm~300ppmの範囲である。より好ましくは3ppm~200ppmの範囲であり、最も望ましい線膨張係数は3ppm~150ppmの範囲である。

【0063】一方、熱分解温度( $T_d$ )は約300℃以上であることが望ましい。 $T_g$ や $T_d$ がこれらの値を下回っていると、プロセス中での熱工程、例えばスパッタやスパッタエッチ工程で樹脂の変形、変質や分解が起こる危険性がある。

【0064】その他、耐薬品性の観点から言うと、30%硫酸水溶液や10%水酸化ナトリウム水溶液への24時間以上の浸漬で変色、変形などの樹脂変質が起こらない事が望ましい。耐溶剤性としては、溶解度パラメーター(SP値)が8~20(cal/cm<sup>3</sup>)<sup>1/2</sup>となることが望ましい。応力緩和層の材料がベースレジンに幾つかの成分を変成してなる材料である場合には、その組成の大部分が上記溶解度パラメータの範囲にはいることが望ましい。より具体的にいうと、溶解度パラメータ(SP値)が8未満あるいは20超である成分が50重量%を越えて含有されていないことが望ましい。これらの耐薬品性や耐溶剤性が不十分だと適用可能な製造プロセスが限定される場合があり、製造原価低減の観点から好ましくないこともある。

【0065】ところで、上述した応力緩和層10に含まれる微小粒子は、応力緩和層10と同一材料で、同じ物性を有している。応力緩和層中で微小粒子が分散することで印刷に必要な粘弾性特性を有することができる。しかし、前述の如く、この構造では、モジュール基板2と応力緩和層10との境界で物性値が急激に変化するため熱応力等がその境界部分に集中して配線が断線等する可能性がある。そこで、モジュール基板2に形成された応力緩和層10の特性を厚み方向で異ならせ、モジュール基板側の応力緩和層の特性がモジュール基板の特性に近くなるようにした。これにより、モジュール基板と応力緩和層の境界部における特性の差を少なくし、これらの上に設けた配線に不連続な力や、応力緩和層の膨張収縮による引張りや圧縮、曲げの応力が配線部に加わらないようにすることで、配線部の断線防止が可能となる。

【0066】さらに、モジュール基板側の応力緩和層10の特性はモジュール基板に近く、この半導体モジュールを実装する回路基板側はその回路基板の特性に近くすることにより、応力緩和層上の配線のみならず半導体モジュールと回路基板の接続部の接続寿命向上にも有効である。

【0067】ここで、応力緩和層10の厚み方向で漸次変化する特性として、熱膨脹係数あるいは弾性率等が考えられる。そして、応力緩和層の特性を変化させる具体的な手段として、図25に示すように、絶縁性の粒子であるシリカ粒子102を配合し、応力緩和層10の厚さ方向にシリカ粒子102の配合量の分布を持たせ熱膨脹係数や弾性率を徐々に変化させる。シリカ粒子102が多く分布している部分では、応力緩和層10の熱膨脹係数が小さく弾性率は高くなる。一方、シリカ粒子102の配合量が少なくなると熱膨脹係数は大きくなり弾性率は低くなる。

【0068】従って、応力緩和層10は、その弾性率や熱膨脹を調整するための絶縁粒子である、シリカ、アルミナ、窒化ホウ素等の無機材料からなる粒子を一種類あるいは二種類以上配合し、また必要に応じてポリイミドやシリコン等の有機材料からなる粒子を適宜配合してもよい。

【0069】さらに、シリカ粒子や絶縁樹脂層を構成する各種界面との接着性向上のためアルコキシシランやチタネート等からなるカップリング剤、樹脂の破断伸びや破断強度を向上させる熱可塑性樹脂等の改質剤、ウェーハ上に形成された回路部の紫外線等による誤動作を防止するため絶縁樹脂層を着色するための染料や顔料、樹脂層の硬化反応を促進させるための硬化促進剤等を配合することも可能である。

【0070】厚さ方向で特性を変化させた応力緩和層10の形成方法としては、例えば前記記載の材料を配合してなる液状の応力緩和層10をモジュール基板上に塗布し、この応力緩和層10を加熱硬化する過程で、配合し

たシリカ等からなる絶縁粒子をウェーハ側に漸次沈降させる方法がある。シリカ粒子の粒子径に分布が有る場合、粒子径の大きい粒子ほど沈降が早く、粒子径の小さい粒子ほど沈降し難く、モジュール基板を下側にして応力緩和層の加熱硬化を行うと、応力緩和層の厚み方向で特性の分布が形成される。

【0071】応力緩和層10に配合されたシリカ粒子の膜厚方向での濃度分布を制御する方法としては、絶縁樹脂の硬化温度、硬化温度プロファイルを適宜調整したり、硬化の進行を早めるための硬化促進剤の配合量や種類、あるいは硬化を遅らせるための反応抑制剤等を適宜配合する方法やシリカ粒子等絶縁粒子の粒子径分布を変更する方法がある。

【0072】シリカ粒子は、熔融しインゴット化したシリカの塊を破碎したものや、シリカインゴットを破碎後、再度シリカ粒子を加熱熔融して球形化したもの、さらに合成したシリカ粒子等が適用可能である。シリカ粒子の粒子径分布や配合量は、製品に応じて種々変更可能である。印刷法により応力緩和層5を形成する場合、印刷の方法によっては、適用するマスクの寸法によっても粒子径の分布を変更する必要が生じる場合もある。

【0073】また、各実施例においては、例えば図26に示すように応力緩和層10の角部には丸みをつけるとよい。丸みをつけない場合、ペースト状のポリイミド材料を用いて応力緩和層10を印刷する際に気泡を巻き込む不良が時々観察される。また、応力緩和層10が角部から剥離しやすくなる。応力緩和層10に気泡が残留すると、半導体モジュールを加熱した際に気泡が破裂して配線3が断線するなどの不具合が生じる。このため、応力緩和層10の形成に使用する印刷用メタルマスクのバターン開口部の隅部は丸めておくことが望ましい。

【0074】なお、各実施例における応力緩和層は印刷用メタルマスクやディスペンサを用いて印刷塗布し形成することができる。

【0075】次に、半導体モジュールの放熱構造について説明する。

【0076】図16は放熱性を考慮した半導体モジュールと外部基板15との実装構造を示す。ここでは半導体装置1の裏面と外部基板15の間にはゴム状弾性を有する熱伝導性の材料16を設け、この熱伝導材料16を外部基板15上の電極17と接触させる構造とした。この電極17はさらにスルーホール18を介して外部基板15内の金属層19、例えばグランド層につながる構造とした。この実装構造では、半導体装置1で発生した熱は熱伝導性の材料16を介して外部基板15上の電極に伝播し、外部基板15内に設けたスルーホール18を介して金属層19へ伝播して外部基板全体に拡散される。熱伝導性の材料16をゴム状弾性を有する材料とするのは、放熱性を向上させるために半導体装置1と熱伝導性材料16を密着させたとしても半導体装置1を破壊しないように

するためである。従って、ゴム状の材料でなくとも、このような目的を有するものであれば、ペースト状あるいはゲル状の熱伝導材料を用いることも可能である。放熱性を考慮すると、図示するようにスルーホール18は複数個設けることが好ましい。

【0077】図17に示すように、棒状の応力緩和層10の構造において、応力緩和層10を幾つかに分離するような通気部分を形成しても良い。分離の仕方はバンプごとであっても、内側から外側に向かうような列ごと、であっても良く、半導体装置1で発生した熱が、その通気部分を介して外側に逃げる構造であれば良い。空冷方式などと組み合わせて利用することが好ましい。

【0078】さらに図18に示すように、モジュール基板2に接続した放熱板200を半導体装置1の裏面に取り付け、モジュール基板2を介して放熱するように構成しても良い。

【0079】その他、図19に示すように、半導体装置1のモジュール基板2への実装をフリップチップ接続ではなく、ワイヤボンディング201により接続するように構成しても良い。発熱は主に半導体装置1の裏面から生じるので、半導体装置1をモジュール基板2にダイボンディングすることで、放熱をモジュール基板2を介して行うことが出来る。なお、半導体装置1の電極と、モジュール基板2の電極とがワイヤボンディング201により接続される。図示はしていないが、ワイヤボンディング部分を保護するために、必要な部分を樹脂でカバーするように構成すると信頼性が向上する。また、応力緩和層10が棒状なので、その応力緩和層10で形成される内側領域を樹脂で充填するように構成しても良い。

【0080】図20は、本発明の他の実施例である半導体モジュールを説明するための斜視図である。半導体装置1はこれを搭載するモジュール基板2上にバンプ5等を介してモジュール基板2上の電極9に接続している。半導体装置1上には応力緩和層10が形成され、さらにこの応力緩和層10の上にモジュール基板2上の電極13からつながる配線14とはんだボール等を搭載するための電極9を形成し、さらに応力緩和層および配線、電極等の適当な部分に絶縁層4を形成し、電極9上にはんだボール5を搭載してある。この構造では図21の断面図に示したように、半導体装置1の裏面に応力緩和層10を介してはんだボール5を搭載するため半導体装置搭載部の周辺部分の面積縮小が図れるため、半導体モジュールの小型化が可能である。

【0081】図22は図20の半導体モジュールにおいて、半導体装置1の裏面に中間板15を設けた構造を有する半導体モジュールの断面概略図である。中間板15は高さの異なる半導体装置1をモジュール基板2に搭載した場合における、はんだボール搭載電極搭載面の平坦化を図ったり、半導体装置1で発生する熱を半導体モジュールのはんだボール5搭載面側に拡散し、はんだボール

5を介して図示しないこれら半導体モジュールを実装する外部基板に効率よく伝える効果も有する。

【0082】図23は図20の半導体モジュールの製造工程を示したものである。

【0083】図23(a)では、図8(a)の半導体モジュールの製造工程の説明と同様に、モジュール基板2に用いる基材の表面に絶縁膜10を形成したものである。このモジュール基板に用いる基材は、図8(a)の説明と同様各種機能を有するものを用いることが可能であり、その場合前記絶縁膜10には、基材上に形成する配線と接続するための開口部が必要に応じて設けてある。

【0084】図23(b)は絶縁膜10上に半導体装置1を搭載するための電極8と配線および応力緩和層10に形成する配線14と結合するための電極13を形成する工程である。モジュール基板2上に搭載する複数の半導体装置1間の配線や、モジュール基板2内に形成された機能部分との配線もこの工程で行う。そして絶縁膜を電極や配線を覆わないようにして形成する。配線数が一層で不十分な場合は、一層目の配線層の上に絶縁膜を形成して二層目の配線工程を行う。さらに必要に応じて三層目以上の配線も同様な工程を繰り返すことにより形成可能である。

【0085】図23(c)はモジュール基板2上に形成された電極8上に半導体装置1を搭載する工程である。半導体装置1の搭載は図8の半導体モジュールの製造工程と同様に行うことができる。

【0086】図23(d)は半導体装置1の上部に応力緩和層10を形成する工程である。応力緩和層形成部を開口した印刷マスクをモジュール基板2上に密着させ、スキージを用いて半導体装置1の周辺部と半導体装置1の上部に応力緩和層10を形成する。半導体装置1とモジュール基板2の隙間へ応力緩和材料を充填させたい場合は、印刷マスクを密着させたまま基板部分を真空にすることにより、半導体装置1とモジュール基板2の隙間に取り残された空気を取り除かれ、通常の圧力に戻す段階で応力緩和材料が前記隙間に充填される。あるいは図23(e)のように応力緩和層形成前に、予め別の樹脂等を用いて半導体装置1とモジュール基板2の隙間を充填しておくことも可能である。

【0087】図23(f)では、応力緩和層10の上にモジュール基板2上の電極13に接続する配線14と、はんだボール5を搭載する電極9を形成する。

【0088】図24(a)では、応力緩和層10の上に形成した配線14およびモジュール基板2との接合部等の必要部分に絶縁層4を形成し、配線14および応力緩和層10の保護等を行う。その後、図24(b)では、はんだボール5を応力緩和層10上に形成した電極9に搭載する。

【0089】なお、応力緩和層10上の配線形成方法、はんだボール5の搭載方法は先の実施例の項目で説明済

10

20

30

40

50



みであり、ここでは省略する。

【0090】また、図22の断面図に示したように、半導体装置1の裏面に中間板15を設ける場合、図23(d)あるいは(e)で示した工程において、応力緩和層形成前に銀あるいはアルミナ等の熱伝導性の粒子を配合したエポキシ樹脂、シリコン樹脂等からなる導電性の接着剤等を介して、銅あるいはアルミニウム、セラミック、ステンレス等の中間板15を接着し、その後に応力緩和層10を形成すれば良い。以上の製造工程により図20などに示した半導体モジュールが得られる。次に、半導体モジュールを多数個取りする状態を図14、15に示す。図14は、シリコンウエハ301を用いて多数個取りする状態を示す。シリコンウエハ上に複数のモジュール回路および応力緩和層を形成し、所定の半導体装置、抵抗、コンデンサ等を搭載し、応力緩和層上に外部接続端子となるはんだボールを搭載し、さらに必要に応じて半導体装置と基板間を樹脂で充填する。その後、シリコンウエハのダイシングと同様な方法により、各モジュール部分を個々に切り出し所望の半導体モジュールを得る。

【0091】図15は、ガラス基板やセラミック基板302を用いて多数個取りする状態を示す。この場合も、シリコンウエハを用いた場合と同様に、ガラス基板やセラミック基板上に複数のモジュール回路および応力緩和層を形成し、所定の半導体装置、抵抗、コンデンサ等を搭載し、応力緩和層上に外部接続端子となるはんだボールを搭載し、さらに必要に応じて半導体装置と基板間を樹脂で充填する。その後、シリコンウエハのダイシングと同様な方法により、各モジュール部分を個々に切り出し所望の半導体装置を得ることが可能である。

【0092】一般に、熱膨張係数の相違から半導体装置1とモジュール基板2との間にはアンダーフィルを充填して接続信頼性を向上させることが行われる。しかしながら、予めアンダーフィルとなる樹脂を塗布した後、半導体装置を搭載して接続する方法では、電極間の接続を確保するために搭載時に半導体装置に圧力を加える必要がある。モジュール基板をガラスやシリコンで構成し、それぞれを多数個取りの状態(ウエハ状態)で圧力を加えることとなると、モジュール基板(ガラス、シリコン)に必要以上の強度が求められコストアップにつながる。また、圧力を加えながらアンダーフィルがある程度硬化するまでの時間を待たなければならないので製造タクトの面からも好ましくない。従って、アンダーフィルを予め塗布するのではなく、半導体装置を搭載した後、モジュール基板とのギャップにアンダーフィルを充填する方法が好ましいが、多数個取りの状態(ウエハ状態)で複数の半導体モジュールにアンダーフィルを充填することは容易ではなく、さらに搭載する半導体装置の有する電極が狭ピッチ化した場合にアンダーフィルの充填自体が困難となる。そこで、接続信頼性を確保したアンダ

ーフィルを必要としない半導体モジュール構造を図29～31に示す。図29は、半導体装置1に半導体チップを、モジュール基板2にシリコン基板を用いた構造である。他は図1などと同様の構成である。シリコン基板と半導体チップはいずれもシリコン上に回路形成を行ったものであり、その熱膨張係数は等しいため、応力を緩和するために半導体装置1とモジュール基板2との間に樹脂12を充填する必要はない。

【0093】図30は、モジュール基板2にガラス基板を用いた構造であるが、熱膨張係数の差を吸収するために、応力緩和層を形成した半導体装置1を搭載したものである。他は図1などと同様の構成である。図31は、応力緩和層を形成した半導体装置の一例である。半導体チップ100上に応力緩和層101を形成し、その上を半導体チップ100の端子と外部接続端子となるはんだバンプ103とを電気的に接続する配線102が形成されている。この半導体装置に形成した応力緩和層が寸法変化を吸収して接続信頼性を向上させることが出来る。図32は、モジュール基板2にガラス基板を用いた構造であるが、熱膨張係数の差を吸収するために、応力緩和層をさらに半導体装置の搭載領域にも形成したものである。他は図1などと同様の構成である。図では、ガラス基板2に形成した絶縁膜層20上に第一の応力緩和層を形成し、その上に図1などに示した枠状の第二の応力緩和層10を形成している。配線3や電極8は第一の応力緩和層上に形成されている。このように、モジュール基板2にシリコン基板を用い半導体装置1を搭載した場合や、半導体装置1に応力緩和層を形成したりモジュール基板2の半導体装置搭載領域にも応力緩和層を形成した場合においては、前者は熱膨張係数がほぼ等しいことから、後者は応力緩和層があることから、半導体装置1とモジュール基板2との間に樹脂12を充填する必要はない。

【0094】しかしながら、耐湿性や耐衝撃性などを向上させるために樹脂12を充填する必要もある。応力を緩和するために使用していた従来の樹脂では、半導体装置などのバンプ間隔が狭ピッチとなると、半導体装置1とモジュール基板2との間を十分に充填できない。これは接合部に生じる応力を緩和させるために、樹脂にフィラが混入されているからである。そこで、フィラが混入されていない低弾性率の材料を樹脂に使用することで対応する。例えば、ゲル状樹脂や応力緩和材料を用いる。これによって樹脂12の流動性が増すので、半導体装置1とモジュール基板2との間を十分に充填することが出来る。流動性が増し、半導体装置の搭載領域以外にも拡がるとしても、本半導体モジュールでは枠状の応力緩和層がダム役を果たすこともできるので問題はない。以上説明したように、所定厚さ以上の弾性材料層を介して外部接続端子を形成することにより、外部接続端子の高さを確保しながら、応力緩和することができ、外部基

板との接続信頼性に優れた半導体モジュールを実現することができる。また、半導体装置 1 と外部接続端子 5 とは、モジュール基板 2 上に形成した配線 3 を形成するだけで電氣的に接続されるので、モジュール基板の上面に半導体装置を搭載しかつ下面に外部接続端子を形成するモジュールでは必要であった上下間接続のためのスルーホールは不要である。今後の配線間隔の狭ピッチ化などを考慮するとスルーホールによる電氣的接続は不向きである。例えば、スルーホール径を微細化すると高アスペクト構造となるが、この場合、従来のようなスルーホール内をめっきすることが難しくなる。微細加工（穴あけ）だけを考えても容易ではない。従って、配線 3 の形成だけで電氣的接続をとる本構造は、今後の配線間隔の狭ピッチ化に極めて有効な構造となる。しかしながら、実装密度を向上させるために、これまで説明した構造に、さらにモジュール基板の外部接続端子を形成しない面側に半導体装置を実装し、モジュール基板にスルーホールを形成して外部接続端子との電氣的接続を確保した構造を適用しても良い。すなわち、モジュール基板の両面に半導体装置を搭載し、外部接続端子を有する側に応力緩和層を介在させた構造である。この場合、モジュール基板にはビルドアップ基板やメタルを内蔵したメタルコア基板などの回路基板を用いることが好ましい。

【0095】本発明は上記実施例に限定されるものではなく、その趣旨を逸脱しない範囲で種々応用可能である。例えば、これまでの実施例においては、予め低弾性の応力緩和層 10 を半導体モジュール部分に形成した例を説明したが、応力緩和層 10 は半導体モジュール部分だけでなく図 27 に示したよう外部基板 15 に形成しても良い。あるいは半導体モジュールと外部基板 15 の両方に設けることも可能である。

【0096】続いて、半導体装置及び半導体モジュールの製造方法の一実施形態として、金型を用いる場合を図 33～図 44 により説明する。

【0097】図 34 は図 33 に示す応力緩和層 4 付きのシリコン配線基板の製造工程（製造プロセス）を概略的にまとめた本発明による半導体装置及び半導体モジュールの製造方法の一実施形態を示すフローチャートであって、以下では、図 34～図 44 により、図 33 における各ステップについて説明するが、まず、図 34～図 40

により、応力緩和層 4 の形成方法について説明する。【0098】この製造方法の実施形態は、複数個の半導体チップを同時に回路形成するものである。半導体装置及び半導体モジュールは、半導体チップ 1001 とシリコン配線基板 1003 を実装することで完成するが、ここでは、半導体チップ 1001 としては一般的なものを用いるため、その製造工程は説明を省略する。また、突起状電極 1002 及び外部接続端子 1005 の形成は、印刷法やボール転写法、ボンディングワイヤなどのいずれの手法を用いてもよく、その手法が限定されるもので

はない。そして、突起状電極 2 の配置は周辺配置、格子状配置、千鳥状配置などいずれでもよく、特にその配置方法に限定されるものではない。さらに、突起状電極 1002 の材質も限定されるものではない。

【0099】また、このシリコン配線基板 1003 上に応力緩和層 1004 を形成する手法としては、印刷法、注型法、直接描画法や他の基材上に応力緩和層を形成し、これを転写あるいは、張り付ける方法などがある。ここでは、金型内のキャビティ部に、低弾性率樹脂を注型する場合のものである。

【0100】図 35 は図 34 でのステップ（製造工程）の一部の説明図であって、ここでは、緩和層形成用下型を斜視図で示しており、同図（a）は全体図であり、同図（b）は同図（a）での分断線 A-A からみた部分断面図である。なお、1020 は緩和層形成用下型、1021 は低弾性率樹脂、1022 は緩和層形成用キャビティである。

【0101】同図において、緩和層形成用下型 1020 の面上には、図 35（b）に示すように、四角い枠状に複数の緩和層形成用キャビティ 1022 が設けられており、図 35（a）に示すように、緩和層形成用下型 1020 の面上に低弾性率樹脂 1021 を所定の方法で塗布することにより、緩和層形成用キャビティ 1022 に低弾性率樹脂 1021 を注入する。その後、余剰となった低弾性率樹脂 1021 をスキージなど（図示せず）により除去する。

【0102】図 36 は図 34 での製造工程の一部の説明図であって、絶縁層付きのシリコン配線基板 1003 を緩和層形成用下型 1020 の上方に設置した状態を示す斜視図である。なお、1030 は絶縁層付きのシリコン配線基板である。

【0103】同図において、絶縁層付きのシリコン配線基板 1030 を吸着治具（図示せず）で吸着し、緩和層形成用下型 1020 へと移動する。その後、両者の位置合わせを行ない、シリコン配線基板 1030 を降下させて緩和層形成用下型 1020 上へ密着させる。

【0104】図 37 は図 34 でのステップ（製造工程）の一部の説明図であって、シリコン配線基板 1030 を緩和層形成用上型で加圧した状態を示す斜視図である。なお、1040 は緩和層形成用上型である。

【0105】同図において、シリコン配線基板 1030 を緩和層形成用下型 1020 へ設置した後、緩和層形成用上型 1040 を緩和層形成用下型 1020 上に下降させ（型閉め）、これによってシリコン配線基板 1030 を加圧・加熱し、低弾性率樹脂 1021（図 35、図 36）を硬化させる。この加熱は下型 1020 及び上型 1040 に設けられるヒータ（図示せず）によって行なわれるが、このときの加熱方法としては、下型 1020 及び上型 1040 を常時所定の温度に加熱した状態としておく方法や型閉め後にこれらを加熱する方法のいずれで

も、何ら支障のないことは云うまでもない。

【0106】応力緩和層1004を形成する樹脂としては、ポリイミド樹脂をシリコン樹脂で変性した0.1~10GPa程度の低弾性率の樹脂がよいと言える。なお、これは一例であって、高耐熱性で、かつ低弾性率を持つ樹脂であればよく、応力緩和層1004を形成する樹脂に限定がなされるものではない。

【0107】図38は図34での製造工程の一部の説明図である。

【0108】同図において、所定時間の加圧・加熱を行なって低弾性率樹脂1021が硬化した後、緩和層形成用上型1040を上方へと移動させ、型開きする。

【0109】図39は図34での製造工程の一部の説明図であって、硬化した低弾性率樹脂1021を緩和層形成用下型1020から離型する過程を示す斜視図である。なお、1050は突出しピン、1051、1052は固定部、1055は応力緩和層形成部である。

【0110】図39(a)は図38で示した型開きを行った後の状態を示しており、シリコン配線基板1030の図示とは反対側の面に、低弾性率樹脂1021が硬化して応力緩和層1004が形成されている。このように応力緩和層1004が形成されているシリコン配線基板1030を緩和層形成用下型1020から離型するのであるが、緩和層形成用下型1020は、図39(b)に示すように、突出しピン1050を有しており、これによってシリコン配線基板1030を緩和層形成用下型1020から離型できる。

【0111】即ち、緩和層形成用下型1020は、固定部1051に、この固定部1051に対して緩和層形成用下型1020の面に垂直な方向(上下方向)に移動可能な突出しピン1050が設けられており、この突出しピン1050は各緩和層形成用キャビティ22(図35)の内側に設けられており、換言すると、緩和層形成用キャビティ1022は固定部1051に形成されており、突出しピン1050は緩和層形成用キャビティ1022に囲まれた位置にある。

【0112】応力緩和層1004を形成する図35~図38に示した過程では、突出しピン1050の上面は固定部1051の上面と同一平面内にあるが、応力緩和層1004が形成されたシリコン配線基板1030を緩和層形成用下型1020から離型するときには、図39

(b)に示すように、固定部1051に対して突出しピン1050を押し上げる。これにより、シリコン配線基板1030が突出しピン1050によって押し上げられて、応力緩和層1004が緩和層形成用キャビティ1022からはずれる。これにより、離型が終わって複数の応力緩和層1004が形成されているシリコン配線基板1030が得られる。

【0113】図39(c)は他の構造の緩和層形成用下型1020を用いた場合の離型工程を示すものであ

て、緩和層形成用キャビティ1022が形成されている図39(b)での固定部1051に相当する部分を突出し部1055とし、この緩和層形成用キャビティ1022の内側の図39(b)での突出し部1050に相当する部分を固定部1052とするものであり、固定部1052に対して突出し部1055を押し上げることにより、離型することもできる。この場合、突出し部1055を押し上げた後、シリコン配線基板1030をこの突出し部1055から剥ぎ取るようにする。

【0114】図40(a)は以上のようにして得られた応力緩和層1004が形成されたシリコン配線基板1030の全体を示す斜視図(a)であり、同図(b)は同図(a)の分断線A-Aからみた部分断面拡大図である。

【0115】同図(a)、(b)に示すように、シリコン配線基板1030上に額縁状の応力緩和層1004が複数形成されている。この方式による応力緩和層1004の厚さとしては、0.1~0.8mmが良好と考える。

【0116】ここで、応力緩和層1004の厚さは、配線基板1003上に搭載する部品が半導体チップ1001であるならば、この半導体チップ1001の厚さに突起状電極1002の厚さを加えたものが応力緩和層1004の厚さの最小厚さとなる。例えば、半導体チップ1001の厚さが0.3mm、突起状電極1002の厚さが0.05mmであれば、応力緩和層1004の厚さは0.35mmが最小の厚さとなる。この配線基板3に複数の部品が搭載されているならば、その部品の中で実装時の高さが一番高いものの厚さが応力緩和層1004の最小の厚さとなることはいうまでもない。即ち、配線基板1003の外形サイズの大小に拘らず、搭載部品の厚さのみから考えると、最も厚い部品の厚さが応力緩和層1004の厚さの最小値を決める。また、配線基板1003に搭載する半導体チップ1001としては、0.1~0.3mmのものが通常用いられるので、応力緩和層1004は、突起状電極1002の厚さを加えて、厚さ0.15mmが最小の厚さと言える。

【0117】一方、応力緩和層1004を構成する材料面からみると、種々の実験結果により、低弾性率の材料が有効であり、室温において、0.1~10GPaの弾性率を有するものが信頼性のある半導体装置及び半導体モジュールを構成できると言える。弾性率が0.1GPaよりも小さい材料で応力緩和層1004を形成した場合には、MCMそのものの重量を支えることが困難となり、使用する際に特性が安定しないという問題が生じ易い。また、弾性率が10GPaを超える材料で応力緩和層1004を形成した場合には、材料自身の内部応力のために配線基板1003に反りなどが生ずることにより、配線形成時の露光工程でのビントずれの発生や配線基板が割れるなどの問題が生ずる可能性があると言え

る。

【0118】次に、以上のようにして得られたシリコン配線基板1030に電気配線を形成する製造工程について、図41～図44により説明する。ここで、図41～図43は図40(b)でのB部を対象にして示すものである。

【0119】図41は図40に示したシリコン配線基板1030上での金属A層の形成から電気配線の逆パターンの形成までの第1工程を示す工程図である。

【0120】《金属層Aの形成》(図41(a))：まず、応力緩和層1004の表面も含めて、シリコン配線基板1030の全面に、電気配線を形成するために、金属層A1060を形成する。

【0121】《金属層Bの形成》(図41(b))：次に、金属A層1060上全面に、金属B層1061を形成する。この金属B層1061は、後工程で行なう電気メッキを施すときの給電層として作用する。

【0122】ここで、金属A層1060と金属B層1061との組合せとしては、金属A層1060にクロムを、金属B層1061に銅を夫々用いて形成した。これらの形成方法としては、スパッタを用いることとし、その厚さを、ここでは、金属A層1060のクロムで75nm、金属B層1061の銅で0.5 $\mu$ mとした。ここでのクロムの機能は、その上下に位置する材質の接着を確保することであり、その膜厚は、それらの接着を維持する最低限でよい。所要厚さは、スパッタエッチングやスパッタの条件、クロムの膜質などによっても異なる。

【0123】なお、この実施形態では、クロムに代えて、チタンやチタン/白金、タングステンなどを用いても何ら支障となることはない。また、形成方式として、蒸着や無電解銅めっき、CVDなどを用いてもよい。このとき、金属B層61の厚さは、後の工程で行なう電気銅めっき及び電気ニッケルめっきを行なったときに膜厚分布が生じない最小限度の厚さが好ましく、めっき前処理として行なう酸洗などでの膜減り量も考慮に入れた上で、膜厚分布を誘発しない膜厚を決定する。銅の膜厚を必要以上に厚くした場合、例えば、1 $\mu$ mを越える銅厚の場合には、スパッタ時間が長くなって生産効率が低下するという課題もある。さらに、後の工程で実施する金属A層1060や金属B層1061をエッチング除去する際にも、長時間がかかり、生産効率が低下する可能性がある。

【0124】《レジスト塗布》(図41(c))：次に、電気配線を形成するため、感光性レジスト1062を、スピンコート法により、所定条件で金属B層1061の全面に塗布する。

【0125】《配線パターン形成》(図41(d))：その後、ホトリソグラフィ技術を用いることにより(露光、現像)、電気配線を形成する部分のみで感光性レジスト1062を除き、金属B層1061が露出した

電気配線の逆パターン1063を形成する。

【0126】ここで、応力緩和層1004の厚さは、シリコン配線基板1030に搭載する半導体チップ1001(図1)を含む各構成部品の高さに応じて、即ち、いずれの構成部品もこの応力緩和層1004よりも上方に突出しないように、設定される。ここでは、応力緩和層1004の厚さを0.5mm程度とした。このとき、感光性レジスト1062を感光・露光する露光方式としては、応力緩和層1004が形成されているために段差があり、この段差となる斜面部にも電気配線1006を形成する必要があるため、レーザ光による直描や焦点距離の移動可能な露光機によって逆パターン1063の形成を行なった。また、かかる段差の小さい場合には、密着方式の露光方式でも、形成可能であることは云うまでもない。

【0127】図42は、図41に示す第1の工程に続く、図41(d)に示す状態での厚膜の金属C層の形成から上記の金属A層及び金属B層をエッチングするまでの第2工程を示した工程図である。

【0128】《厚膜金属C層形成》(図42(a))：金属A層1060、金属B層1061及び電気配線の逆パターン1063を利用して電気めっきを行ない、逆パターン1063内に金属C層1064による半導体チップ搭載用のパッド1065及び外部端子1066の形成を行なう。金属C層1064は、硫酸・硫酸銅めっき液を用い、界面活性剤による洗浄、水洗、希硫酸による洗浄、水洗を行なった後、金属A層1060と金属B層1061とを陰極に接続し、リンを含有する銅板を陽極に接続した電気銅めっきにより、形成した。

【0129】《金属D層形成》(図42(b))：さらに、半導体チップ搭載用のパッド1065及び外部端子1066での接合時のはんだ拡散を防止するために、厚膜金属D層1064上に金属D層1067を形成した、この金属D層1067は、金属A層1060と金属B層1061とを陰極に接続し、ニッケル板を陽極に接続することにより、電気ニッケルめっきによって形成した。この電気ニッケルめっきを行なう前に、界面活性剤による洗浄、水洗、希硫酸による洗浄、水洗を行なうと、良好な膜質の電気ニッケルめっき膜が得られる場合がある。

【0130】なお、銅、ニッケルとも電気めっきを用いて導体を形成する方法を示したが、無電解めっきを用いることも可能である。また、電気配線は、銅以外、金または銀を包含するものであってもよく、はんだ拡散防止膜はニッケル合金であってもよい。

【0131】《レジスト除去》(図42(c))：感光性レジストからなる電気配線の逆パターン1063及び電気めっきの給電用に用いた金属A層1060と金属B層1061を、エッチング処理により、除去するのであるが、感光性レジストは、レジスト専用の剥離剤を用い

て除去した。

【0132】《金属A、B層エッチング》(図42(d))：その後、金属A層1060と金属B層1061とを、エッチングにより、除去した。これにより、半導体チップ搭載用のパッド1065と外部端子1066とこれら間を接続する電気配線1006が得られる。金属B層1061が銅である場合、そのエッチングには、塩化鉄、アルカリ系エッチング液などの種類が使用されるが、この実施形態では、硫酸／過酸化水素水を主成分とするエッチング液を用いた。10秒以上のエッチング時間がないと、制御が困難となつて、実用的観点では、不利であるが、あまりに長い時間エッチングを行なうと、例えば、5分間を越えてエッチングするような場合には、サイドエッチングが大きくなったり、タクトが長くなるという問題も生じるため、エッチング液及びエッチング条件は、適宜実験により求めるのがよい。次に、金属A層1060がクロムである場合、そのエッチングには、この実施形態では、過マンガン酸カリウムとメタケイ酸を主成分とするエッチング液を用いた。

【0133】図43は、図42に示す第2の工程に続く、図42(d)に示す状態での電気配線の保護膜形成から外部接続を行なうためのはんだボール接合までの第3工程を示す工程図である。

【0134】《絶縁性感光性樹脂》(図43(a))：図42(d)に示すように形成されたシリコン配線基板1030の全面に、保護膜1068を形成する。ここでは、この保護膜1068として、絶縁性の感光性樹脂を用い、スピンコート法により、シリコン配線基板1030の全面に塗布した。

【0135】《接続端子部形成》(図43(b))：その後、ホトリソグラフィ技術を用いて(露光、現像)、半導体チップ1001の接合のための端子1065と外部接続のための端子1066とを形成した。表面の保護膜1068としては、有機材料だけでなく無機材料を用いても何ら支障はない。

【0136】《応力緩和層付きシリコン配線基板完了》(図43(c))：そして、これら端子部1064、1065の表面に金属E層1069層を形成し、これを端子部1065、1066の表面とする。金属E層1069は、外部端子となるはんだ材料とニッケルとのぬれ性が良好となる金を無電解金めっきで形成する。なお、はんだと電気ニッケルめっきとの濡れ性が良好な場合には、この金属E層1069を省略しても支障はない。

【0137】《外部端子部形成》(図43(d))：その後、端子部1065、1066にフラックスとともに、はんだボール1070を搭載し、加熱することによってはんだボール1070を接続し、突起状電極1002と外部接続端子1005とを形成する。

【0138】なお、突起状電極1002と外部接続端子1005との形成法は、はんだボール1070を用いる

ほか、印刷機を用いてはんだペーストをバンプパッド1065、1066またはその上の金属E層1069上に印刷塗布し、これをリフローすることにより、突起状電極1002と外部接続端子1005を形成する方法もある。何れの方法においても、はんだ材料は様々なものを選択することが可能となり、現時点で市場に供給されているはんだ材料の多くが使用できる。この他、はんだ材料は限定されるものの、めっき技術を用いることにより、はんだバンプ1002、1005を形成する方法もある。また、金や銅を核としたボールを使用したバンプや導電材料を配合した樹脂を使用して形成したバンプを使用してもよい。さらに、はんだボール1070の材質は、SnとCuを主成分とし、第3成分として、Bi、Agを添加したものを用いた。

【0139】以上のように、第1工程から第3工程までを経ることにより、応力緩和層4付きのシリコン配線基板3を複数個一括して形成することができる。

【0140】図44(a)は以上のようにして得られた複数の応力緩和層1004が形成されたシリコン配線基板1030を示す斜視図であつて、これを、例えば、ダイシング技術により、応力緩和層1004毎にこの応力緩和層1004に沿って切り離すことにより、図44

(b)に示すように、個々の応力緩和層付きのシリコン配線基板1071が、完成した実装用基板1071として、得られる。この実装用基板1071の所定位置に半導体チップ1001を搭載して接合することにより、半導体装置や半導体モジュールが完成する。

【0141】この製造方法により、シリコン配線基板1003上の電気配線1006の最小配線幅／最小配線間隔は10μm／10μmで形成することができる。これにより、従来、多層配線の基板が必要であったものが、一層あるいは二層程度の配線層で充分となり、半導体装置や半導体モジュールの薄型化、小型化が容易となる。

【0142】図45(a)は本発明による半導体装置及び半導体モジュールの第2の実施形態の全体構成を概略的に示す斜視図、同図(b)は同図(a)の分断線A-Aに沿う断面図であつて、1009は低弾性率樹脂層であり、前出図面に対応する部分には同一符号を付けて重複する説明を省略する。

【0143】同図(a)、(b)において、この実施形態は、シリコン配線基板1003上での応力緩和層1004よりも内側全面にも、低弾性率樹脂層1009が形成された構造をなすものである。この低弾性率樹脂層1009上から応力緩和層1004上にわたって、電気配線1006が形成されている。

【0144】なお、この代わりに、シリコン配線基板1003上での応力緩和層1004よりも内側において、突起状電極1002が設けられている領域にのみ、低弾性率樹脂層1009を形成するようにしてもよい。この第2の実施形態では、要するに、シリコン配線基板10

10

20

30

40

50



03上での応力緩和層1004よりも内側では、少なくともこの突起状電極1002が設けられている領域を含むように、低弾性率樹脂層1009が形成されるものである。

【0145】この実施形態も、先に説明した第1の実施形態の製造方法と同様の方法で製造することができる。但し、このときに用いる金型の構造は多少異なる。これを、図46により、説明する。

【0146】図46(a)は緩和層形成用下型1020'の全体を概略的に示す斜視図であって、同図(b)は同図(a)の分断線A-Aに沿ってみた部分断面拡大図であり、第1の実施形態での図35に対応する図である。ここで、1023は樹脂層形成部であり、図35、図39(b)に対応する部分には同一符号を付けている。

【0147】図46(b)において、図35(b)と同様、緩和層形成用下型1020'の固定部1051に額縁状の緩和層形成用キャビティ1022が複数形成されているが、さらに、この緩和層形成用キャビティ1022で囲まれる領域内全体に樹脂層形成部1023が形成されている。

【0148】この樹脂層形成部1023の形成方法としては、低弾性率樹脂層1009や応力緩和層1004を形成するときには、突出しピン1050の上面が固定部1051の上面を含む面よりも所定の距離(即ち、図45(b)でのほぼ低弾性率樹脂層の厚み分)分へこむように、固定部1051に対して突出しピン1050を位置設定する。

【0149】かかる緩和層形成用下型1020'に、先に説明した図34の低弾性率樹脂塗布およびスキージ等による余剰樹脂分除去をすると、図46(b)に示すように、緩和層形成用キャビティ1022と樹脂層形成部1023とに低弾性率樹脂1021が充填され、図34に示した製造プロセスにより、図45に示す低弾性率樹脂層1009をもつ半導体装置や半導体モジュールが得られる。

【0150】なお、この緩和層形成用下型1020'を図39(c)に示すような離型が可能な構成とすることもできる。

【0151】この実施形態によると、シリコン配線基板1003の表面全面に、応力緩和層1004も含めて、低弾性率の樹脂層が形成されるため、かかる樹脂層により、使用環境の変化でもって発生する応力を低減する効果がある。そして、このように、表面全面に樹脂層があるため、半導体チップ1001などの搭載部品と配線基板1003との間の線膨張係数の差によって応力が生じても、これが低弾性率樹脂層1009で吸収されるから、基板の基材として、シリコン材ばかりでなく、有機材料あるいは無機材料も用いることもでき、これにより、基板の低コスト化を実現できるという効果がある。

半導体チップを搭載する領域、即ち、突起状電極1002を設けた領域にのみ低弾性率樹脂層1009を設けた場合も、上記と同様の効果が得られる。この場合には、図46(a)に示す緩和層形成用下型1020'では、樹脂層形成部1023として、突出しピン1050の上面の一部に窪みが設けられることになる。

【0152】図47(a)は本発明による半導体装置及び半導体モジュールの第3の実施形態全体を示す平面図であって、同図(b)は同図(a)の分断線A-Aに沿う断面図である。ここで、1004a~1004dは応力緩和層であり、前出図面に対応する部分には同一符号を付けて重複する説明を省略する。

【0153】先に説明した実施形態では、配線基板1003の周辺全体にわたって1つの連続した応力緩和層1004を設けたものであるが、この第3の実施形態は、配線基板1003の周辺全体にわたって複数の応力緩和層1004a~1004dを設けたものである。ここでは、方形状の配線基板1003の夫々の辺に1つずつ同一長さの応力緩和層を設けているが、辺の長さに応じてそこに設ける応力緩和層の長さを異ならせてもよいし、また、辺の長さに応じて2以上の応力緩和層の個数を異ならせてもよい。従って、配線基板1003が矩形状をなす場合には、辺での応力緩和層の個数や長さを辺の長さに応じたものとすることができる。

【0154】この第3の実施形態においても、図45に示した第2の実施形態と同様、配線基板1003上の応力緩和層1004a~1004d以外の領域(少なくとも、応力緩和層1004a~1004dで囲まれる領域内)に、低弾性率樹脂層1009(図45)を設けるようにしてもよい。

【0155】図48は図47に示した半導体装置及び半導体モジュールの実施形態の製造に用いられる緩和層形成用下型1020''を示す部分断面拡大図であって、前出図面に対応する部分には同一符号を付けている。

【0156】同図において、緩和層形成用下型1020''の固定部1051に、図47(a)に示す応力緩和層1004a~1004dの配列に対応した配列で、複数の緩和層形成用キャビティ1022が閉路状に配列して設けられており、それ以外の構成は、図35に示した第1の実施形態での緩和層形成用下型1020と同様であり、図34に示した製造プロセスにより、図47に示す半導体装置や半導体モジュールを得ることができる。

【0157】なお、この緩和層形成用下型1020''を図39(c)に示すような離型が可能な構成とすることもできる。

【0158】また、上記のように、図47において、配線基板1003上の応力緩和層1004a~1004d以外の領域(即ち、少なくとも応力緩和層1004a~1004dで囲まれる領域内)に、低弾性率樹脂層1009(図45)を設ける場合には、図48に示す緩和層

形成用下型 1020”において、図 46 (b) に示すような樹脂層形成部 1023 を、あるいは、上記のように、突出しピン 1050 の上面の一部に窪みを設けることはいうまでもない。

【0159】以上の構成の第 3 の実施形態では、配線基板 1003 の周辺に複数の応力緩和層を設けるものであるから、先の実施形態の応力緩和層が分割された形態で設けられていることになり、各応力緩和層が互いに独立に作用することになり、各応力緩和層は他の応力緩和層に拘束されずに作用することになるから、応力低減効果がさらに向上することになる。

【0160】また、上記第 2、第 3 の実施形態においても、金型を用いて応力緩和層を形成するものであり、金型を用いたときの応力緩和層に対する効果は、上記第 1 の実施形態と同様であることはいうまでもない。

【0161】図 49 は半導体チップ 1001 を配線基板 1003 上に搭載した上記夫々の実施形態の半導体装置及び半導体モジュールについて、これをマザーボードに実装したときの接続部分の信頼性を確保するのに必要な応力緩和層の厚さを示す図であって、横軸は半導体装置や半導体モジュールの中心部からの距離を示すものである。なお、同じ半導体装置や半導体モジュールの形態でも、弾性率の低い材料を用いた場合には、応力緩和層の厚さを薄くしても、接続の信頼性の確保が可能であることにより、図 49 では、弾性率を考慮した厚さの許容範囲を示している。

【0162】図 49 から明らかなように、半導体装置や半導体モジュールの中心部からの距離が長くなるほど、接続の信頼性を確保するためには、応力緩和層を厚くする必要がある。例えば、半導体装置や半導体モジュールの中心部からの距離が 28 mm 程度の場合、応力緩和層の厚さは約 800  $\mu\text{m}$  程度必要となる。これに満たない厚さの場合には、応力を緩和することができず、これを超える場合には、配線基板 1003 に歪みを与え、基材の破損や樹脂層のクラック、剥離などが生ずる可能性がある。

【0163】一方、半導体装置や半導体モジュールの中心部からの距離が短い、例えば、2 mm 前後と小さければ、応力緩和層をなくしたとしても、半導体装置や半導体モジュールとこれを実装するマザーボードとの間で生ずる熱応力は、配線基板 1003 が有する絶縁層（図示せず）によって緩和されることも、理論上では、可能である。但し、半導体装置や半導体モジュールをマザーボードに実装した場合において、配線基板 3 に搭載する複数の部品がマザーボードに接触しないような高さを確保する手段が、別途必要になることはいうまでもない。従って、半導体装置や半導体モジュールの中心部からの距離を 28 mm までのものを対象とすると、応力緩和の観点から、最大約 800  $\mu\text{m}$  程度の厚さが応力緩和層に必要となる。

【0164】また、応力緩和層の形状は台形形状であり、断面は台形形状であって、配線基板 3 に対して傾斜する斜面部分 1007 を有するが、その傾斜勾配を最適化することにより、電気配線 6 の断線を抑制することが可能となる。平均勾配は 5 乃至 45%（傾斜角度を  $\theta$  とすると、 $\tan \theta = 0.05 \sim 0.45$ ）程度が好ましい。5%を下回る傾斜勾配の場合には、斜面部 1007 が長すぎて所望の膜厚の応力緩和層が得られない。例えば、平均勾配が 3% のとき、厚さ 100  $\mu\text{m}$  とするためには、3 mm 超の水平距離が必要となり、左右のエッジ部を合わせると、ほぼ 7 mm がなければならず、所望の膜厚が得られないことになる。一方、傾斜勾配が 45% 超の場合、水平距離の点では問題ないが、逆に急勾配となるので、配線形成の際に十分な露光ができない危険性が高い。特に、メッキレジストの付き回りや露光及び現像の工程でのプロセスマージンがなく、特別な機能または技術が必要となる。さらに傾斜勾配が大きい場合には、いわゆる応力集中効果が作用してそのエッジ部に応力が集中し、その結果として、エッジ部で電気配線 1006 の断線が発生し易くなる傾向が現れ、配線構造に特別な工夫が必要となることが考えられる。

【0165】以上のように、モジュールサイズが大きくなるほど応力緩和層を厚くすることが必要であり、かつ応力緩和層の斜面部 1007 の勾配もある程度規定することが必要となる。

【0166】このような応力緩和層を形成する方式としては、マスクを用いた印刷方式による形成方法、ディスペンサなどを用いた直描方式による形成方法、ホトリソ方式による形成方法、金型を用いた形成方法などが考えられる。

【0167】ここでは、厚い応力緩和層を形成することを目的としているため、マスクを用いた印刷法では、1 回で厚く印刷しても、50～80  $\mu\text{m}$  程度であり、厚さ 0.1 mm 以上を 1 回の印刷で確保することは困難であり、複数回の印刷を繰り返して所定の厚さを確保する必要がある。このため、印刷位置の精度バラツキや応力緩和層の斜面部 1007 の形状も一定ではなく、電気配線 1006 を形成する上でも不具合が発生し易いと考えられる。さらに、印刷後の応力緩和層は、1 回毎に硬化し、これを繰り返すことになるので、形成工程での作業時間が長くなり、高コスト化になる可能性がある。

【0168】また、直描方式による形成では、描画時間が長くなることや応力緩和層の形状が同一形状になりにくいなどの問題が発生する恐れがあり、ホトリソ方式による形成では、露光光源や厚さの厚いものを露光するため、一度に所定の厚さを露光することは難しい。さらに、斜面部 7 を所定の勾配で形成することも困難であると考えられる。

【0169】一方、金型を用いた方式においては、緩和層形成用キャビティ 1022 の形状を所定の厚さ並びに

10

20

30

40

50

斜面の勾配を規定してキャビティ加工を行なうことにより、形状の同一化が可能となる効果がある。また、厚い応力緩和層を1回の形成工程で形成することができ、低コスト化が図れる効果がある。さらに、キャビティにより応力緩和層を形成するので、応力緩和層の厚さや斜面部1007の勾配は自由に設計することができる効果がある。

【0170】そして、キャビティの加工表面を平滑化することにより、この表面が転写される応力緩和層の表面も平滑化することが容易となる効果がある。このことは、電気配線1006を応力緩和層の表面に形成する電気配線形成時の不具合を低減できる効果がある。これにより、高い信頼性の配線基板1003を製造できる効果がある。

【0171】なお、以上の各実施形態では、半導体チップを配線基板1003上に1つ設置した場合を説明したが、複数個設置しても同様の効果があることはいうまでもない。

【0172】

【発明の効果】本発明によれば、外部基板との接続信頼性に優れた生産効率の良い半導体モジュールを実現することにある。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の半導体モジュールの一例を示す図

【図2】従来例を示す図

【図3】本発明の応力緩和層とモジュールサイズの関係を示す図

【図4】本発明のはんだ接続部を示す図

【図5】本発明の配線構造を示す図

【図6】本発明の半導体モジュールの一例を示す図

【図7】本発明の半導体モジュールの一例を示す図

【図8】本発明の製造工程の一例を示す図

【図9】本発明の製造工程の一例を示す図

【図10】本発明のマスク開口部の一例を示す図

【図11】本発明の製造工程の一例を示す図

【図12】本発明の半導体モジュールの一例を示す図

【図13】本発明のスパッタ耐性の関係を示す図

【図14】本発明の製造工程の一例を示す図

【図15】本発明の製造工程の一例を示す図

【図16】本発明の半導体モジュールの一例を示す図

【図17】本発明の半導体モジュールの一例を示す図

【図18】本発明の半導体モジュールの一例を示す図

【図19】本発明の半導体モジュールの一例を示す図

【図20】本発明の半導体モジュールの一例を示す図

【図21】本発明の半導体モジュールの一例を示す図

【図22】本発明の半導体モジュールの一例を示す図

【図23】本発明の製造工程の一例を示す図

【図24】本発明の製造工程の一例を示す図

【図25】本発明の半導体モジュールの一例を示す図

【図26】本発明の半導体モジュールの一例を示す図

【図27】本発明の半導体モジュールの一例を示す図

【図28】本発明の半導体モジュールの一例を示す図

【図29】本発明の半導体モジュールの一例を示す図

【図30】本発明の半導体モジュールの一例を示す図

【図31】本発明の半導体モジュールに用いる半導体装置の一例を示す図

【図32】本発明の半導体モジュールの一例を示す図

10 【図33】半導体装置及び半導体モジュールの第1の実施形態を示す概略斜視図

【図34】半導体装置及び半導体モジュールの製造方法の第1の実施形態を示すフローチャート

【図35】半導体装置及び半導体モジュールの製造に用いる緩和層形成用下型の一具体例とこれを用いた図34における製造工程の一部を示す図

【図36】図34における製造工程の一部を示す図

【図37】図34における製造工程の一部を示す図

【図38】図34における製造工程の一部を示す図

【図39】図34における製造工程の一部を示す図

20 【図40】図34の製造プロセスで得られた応力緩和層付きシリコン配線基板を示す斜視図

【図41】図40に示すシリコン配線基板への電気配線の形成のための第1工程を示す工程図

【図42】図41に示す第1の工程に続く第2の工程を示す工程図

【図43】図42に示す第2の工程に続く第3の工程を示す工程図

30 【図44】図43に示した第3の工程から得られた応力緩和層付きのシリコン配線基板とこれを応力緩和層毎に切断して得られるシリコン配線基板を示す斜視図

【図45】本発明による半導体装置及び半導体モジュールの第2の実施形態を示す斜視図及び断面図

【図46】図45に示す半導体装置及び半導体モジュールの製造に用いる緩和層形成用下型の構造を示す斜視図

【図47】本発明による半導体装置及び半導体モジュールの第3の実施形態を示す斜視図及び断面図

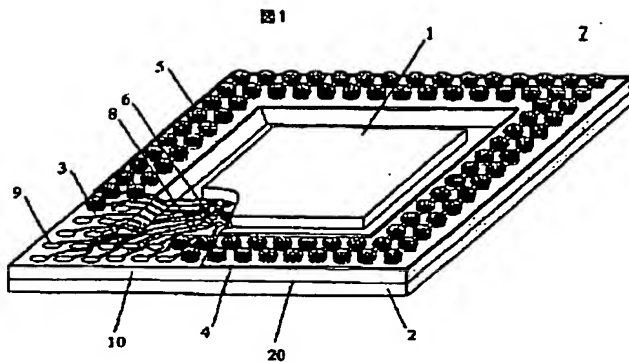
【図48】図47に示す半導体装置及び半導体モジュールの製造に用いる緩和層形成用下型の構造を示す斜視図

40 【図49】半導体チップを配線基板上に搭載した半導体装置や半導体モジュールをマザーボードを実装したときの接続部分を確保するに必要な応力緩和層の厚さを示す図

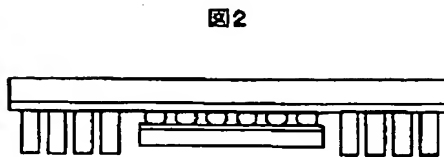
【符号の説明】

1…半導体装置、2…モジュール基板、3…配線、4…絶縁層、5…はんだボール、6…バンプ、7…半導体装置搭載基板、8…電極、9…電極、10…絶縁膜、11…応力緩和層、12…応力緩和材料、13…スキージ、14…開口部、15…中間板、16…熱伝導材料、17…電極、18…スルーホール、19…金属層、50…基板、51…カラム状電極

【図1】

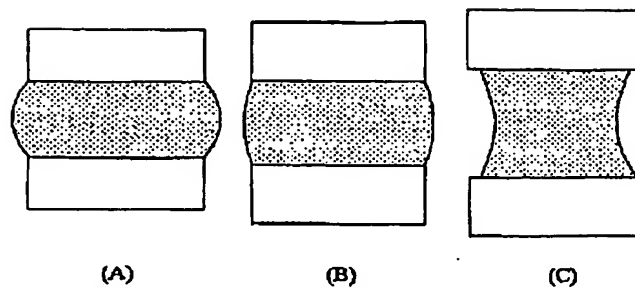


【図2】



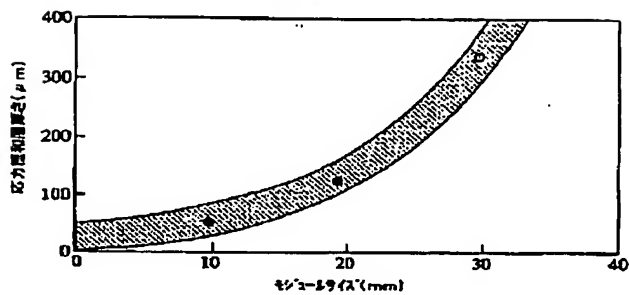
【図4】

図4



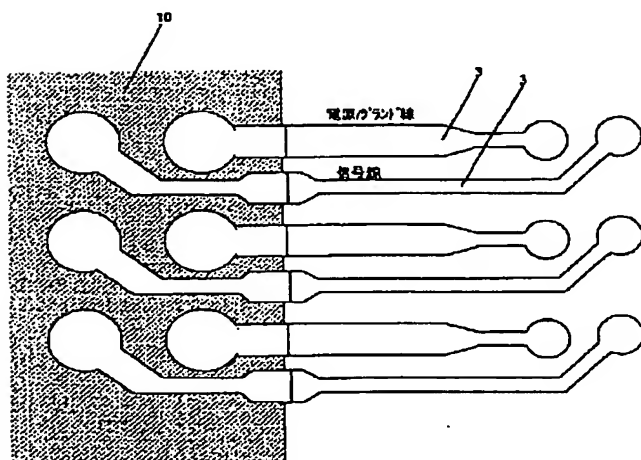
【図3】

図3



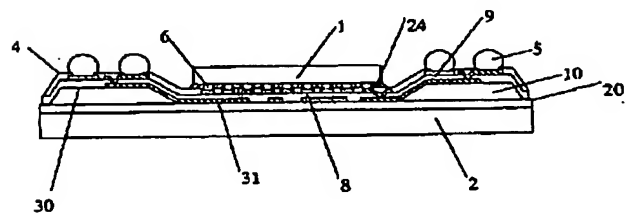
【図5】

図5



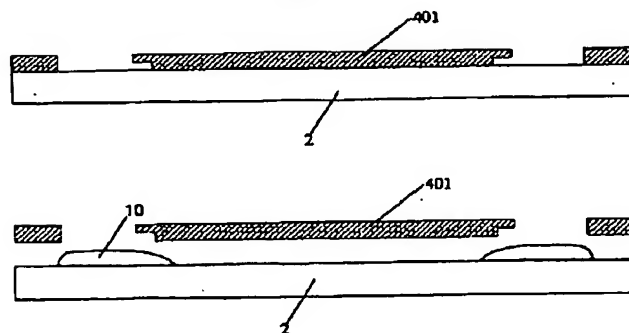
【図7】

図7

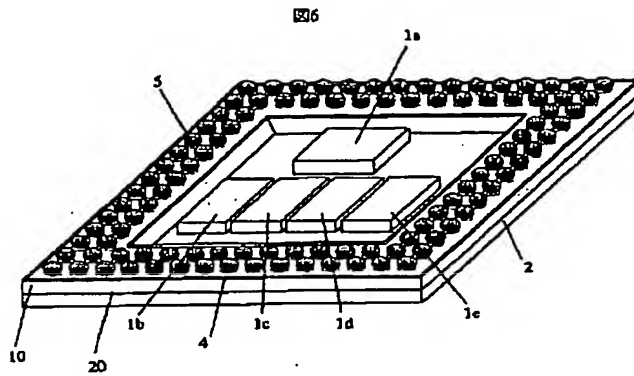


【図10】

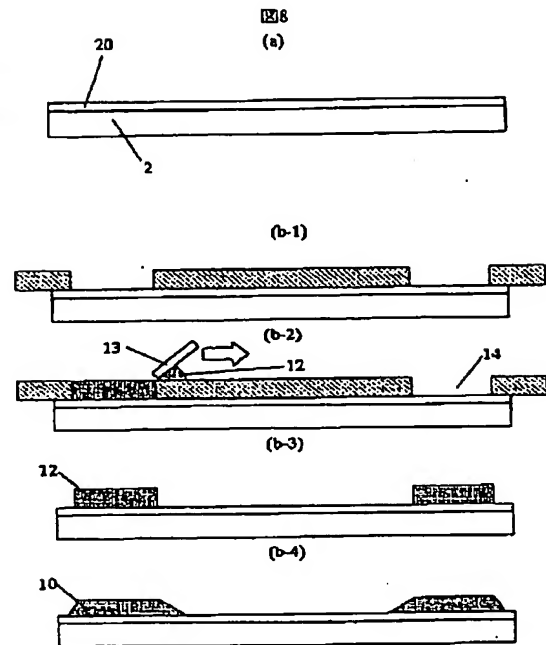
図10



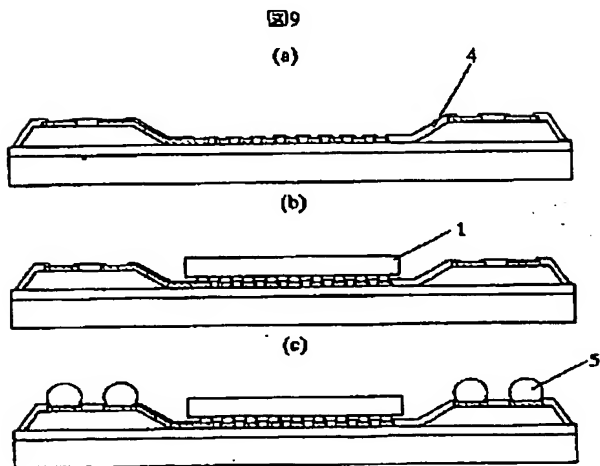
【図6】



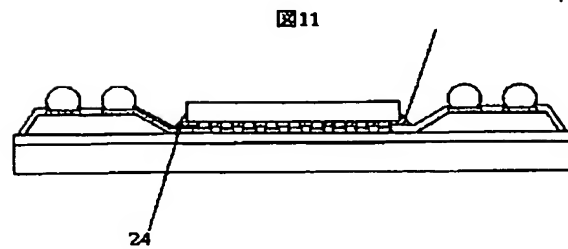
【図8】



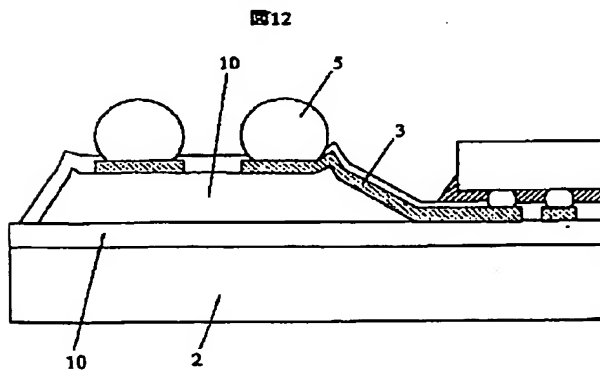
【図9】



【図11】



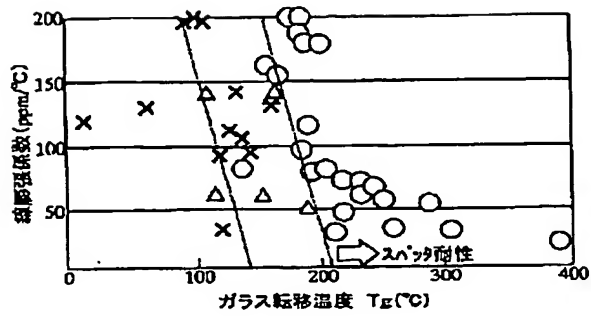
【図12】





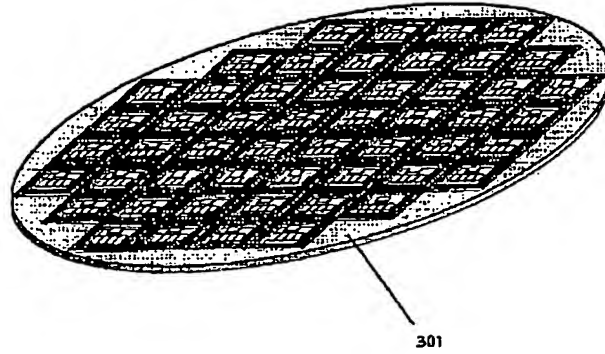
〔図13〕

図13



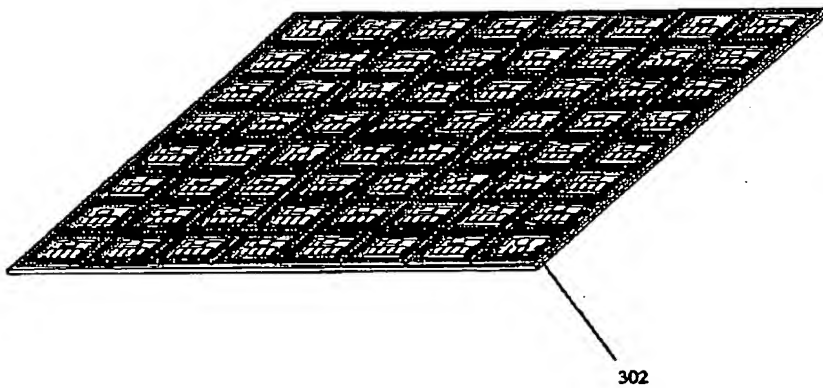
〔図14〕

図14



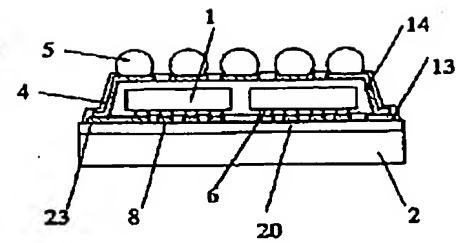
〔図15〕

図15



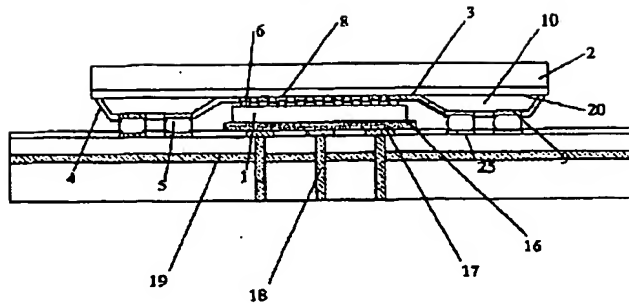
〔図21〕

図21



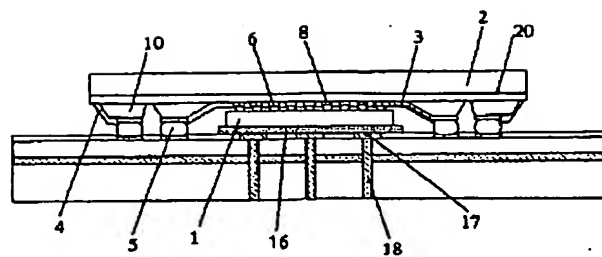
〔図16〕

図16

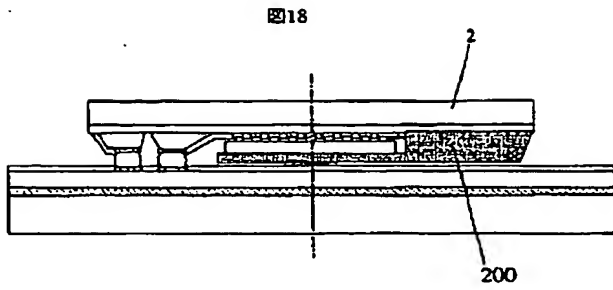


〔図17〕

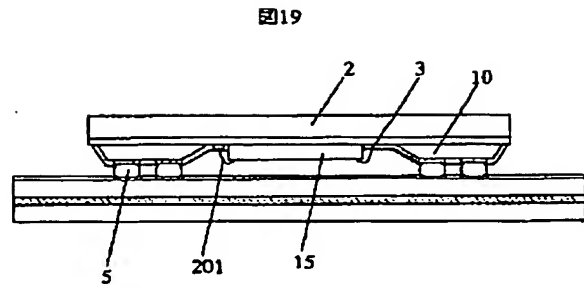
図17



【図18】

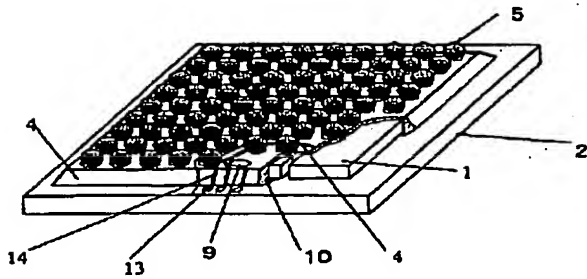


【図19】



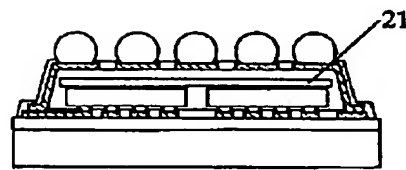
【図20】

図20



【図22】

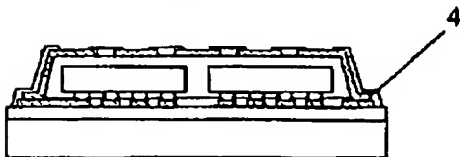
図22



【図24】

図24

(a)



(b)

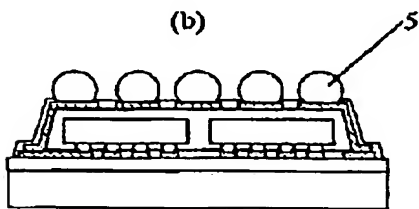
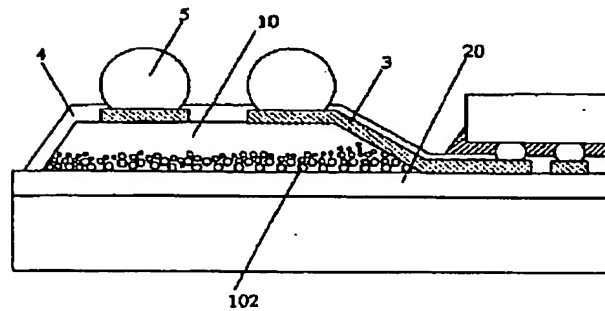
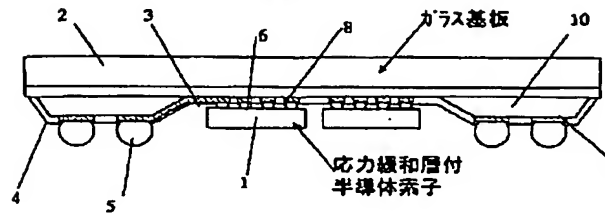


図25

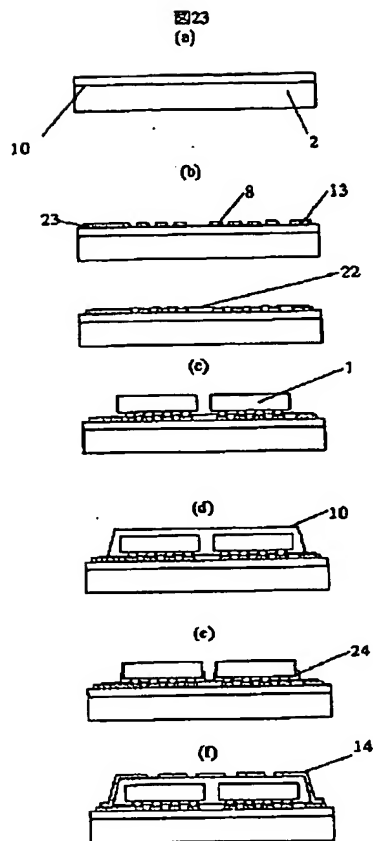


【図30】

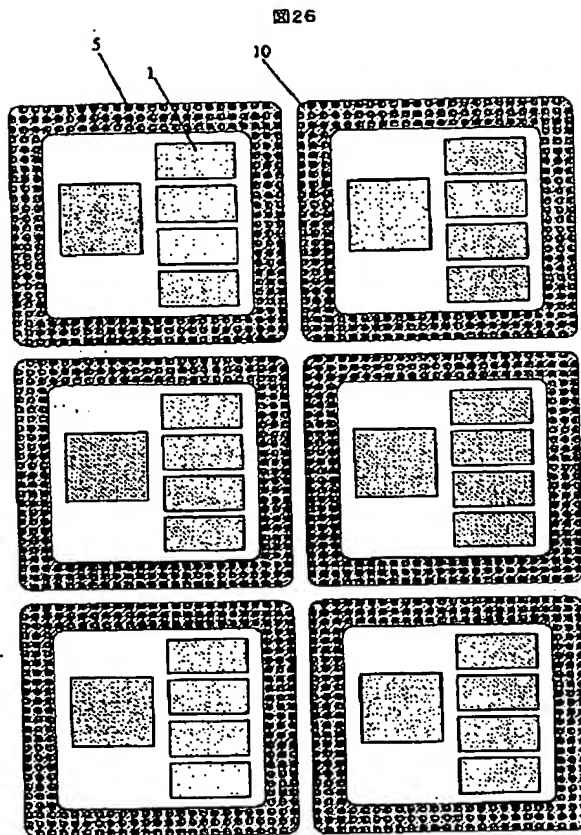
図30



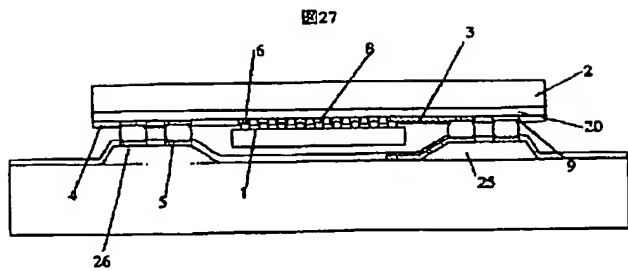
【図23】



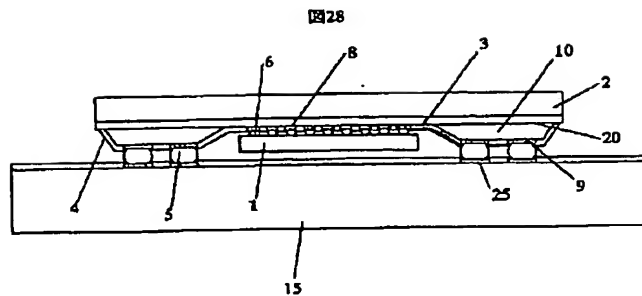
【図26】



【図27】

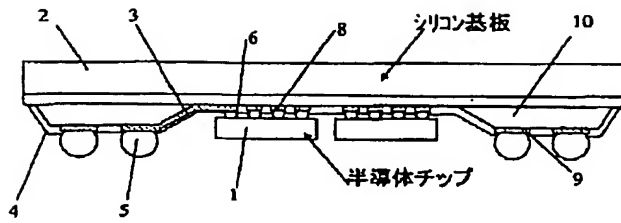


【図28】



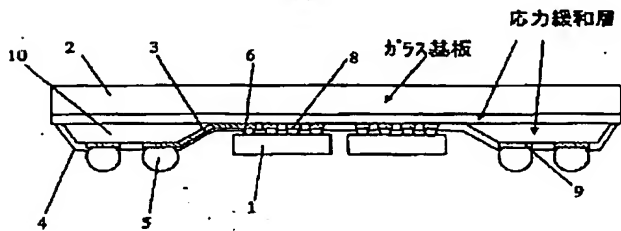
【図29】

図29



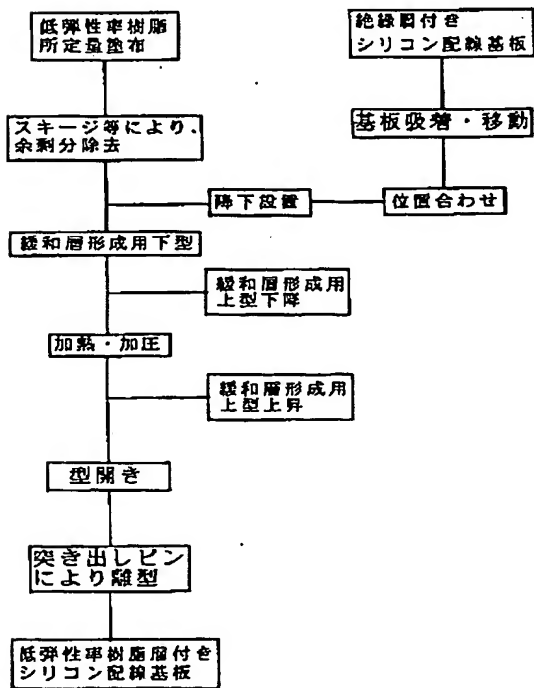
【図32】

図32



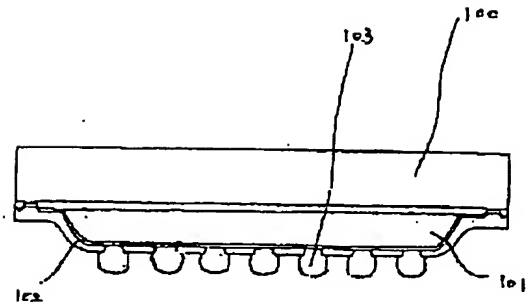
【図34】

図34



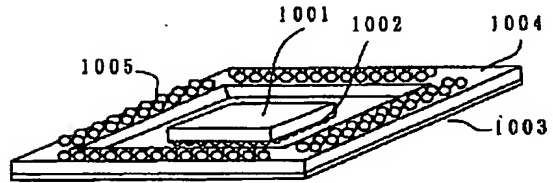
【図31】

図31



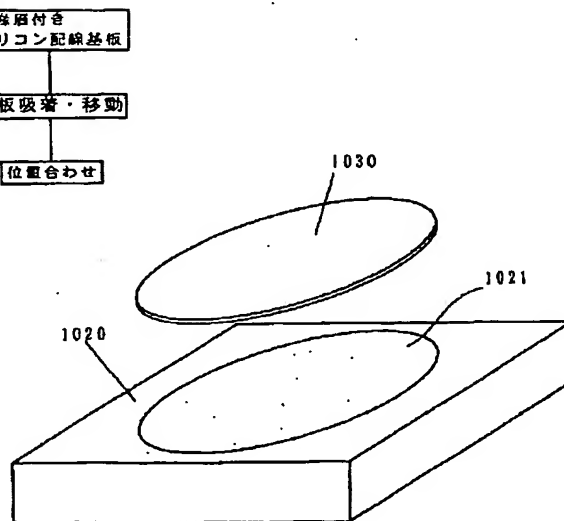
【図33】

図33



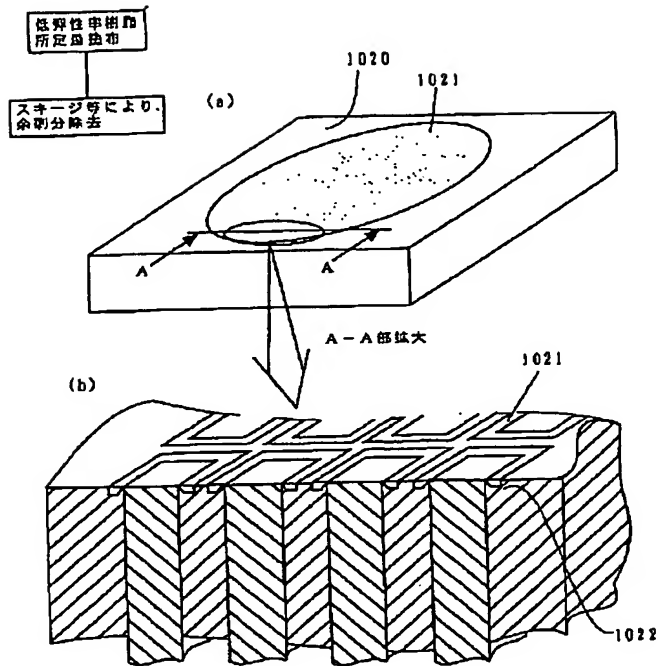
【図36】

図36



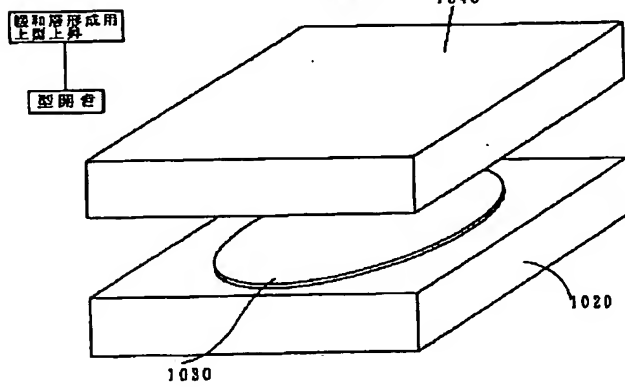
【図35】

図35



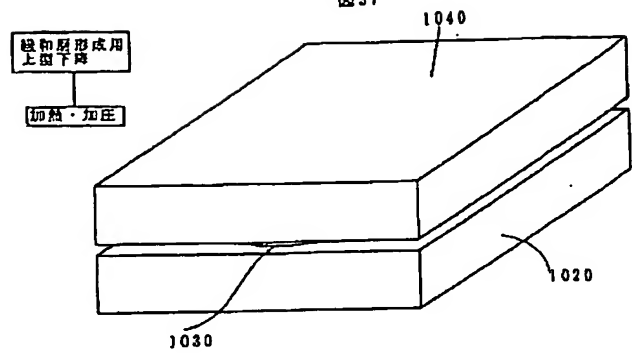
【図38】

図38



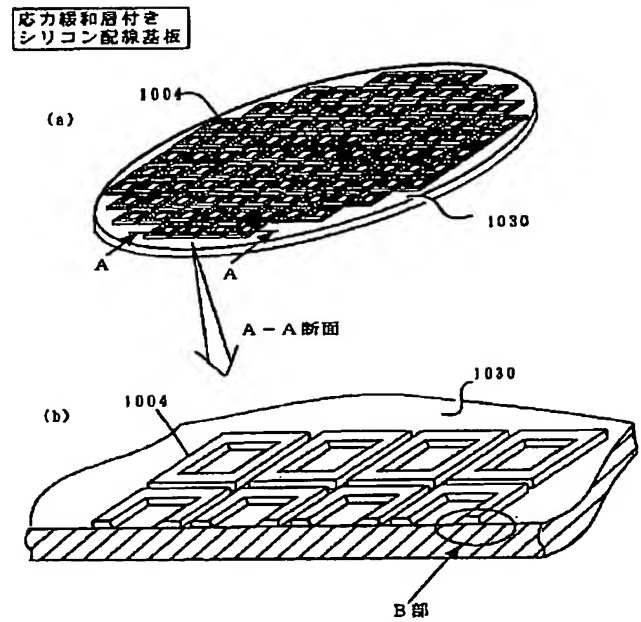
【図37】

図37



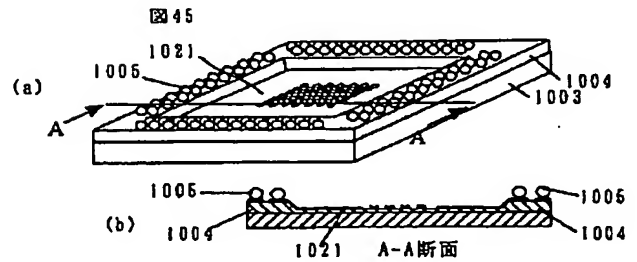
【図40】

図40



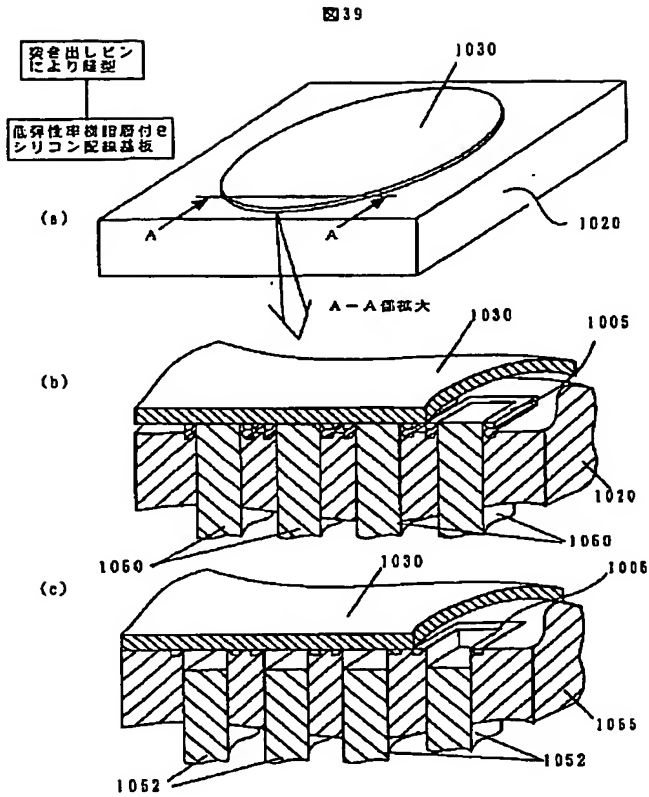
【図45】

図45

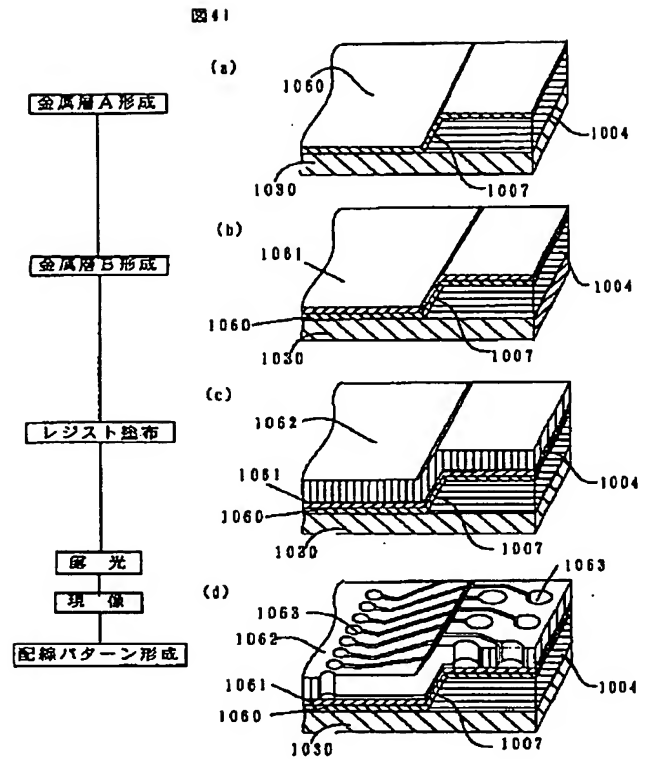




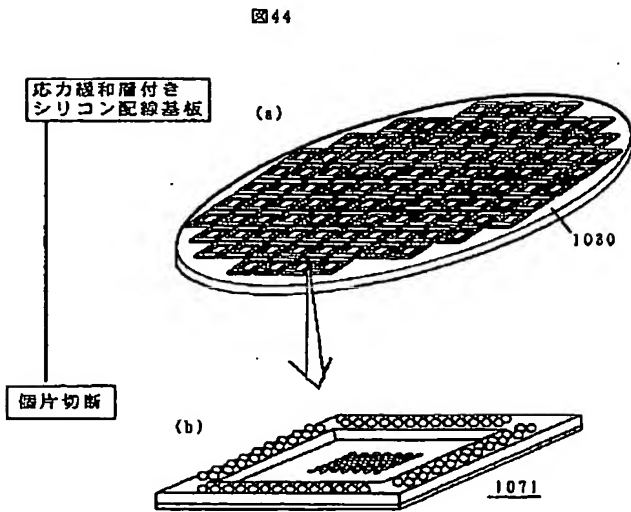
【図39】



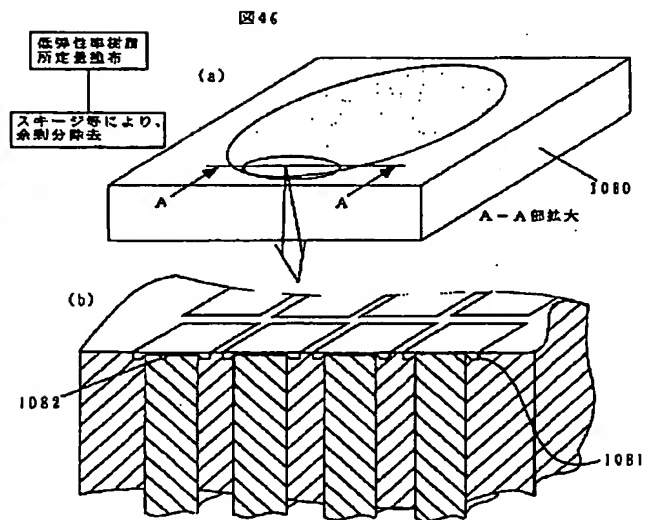
【図41】



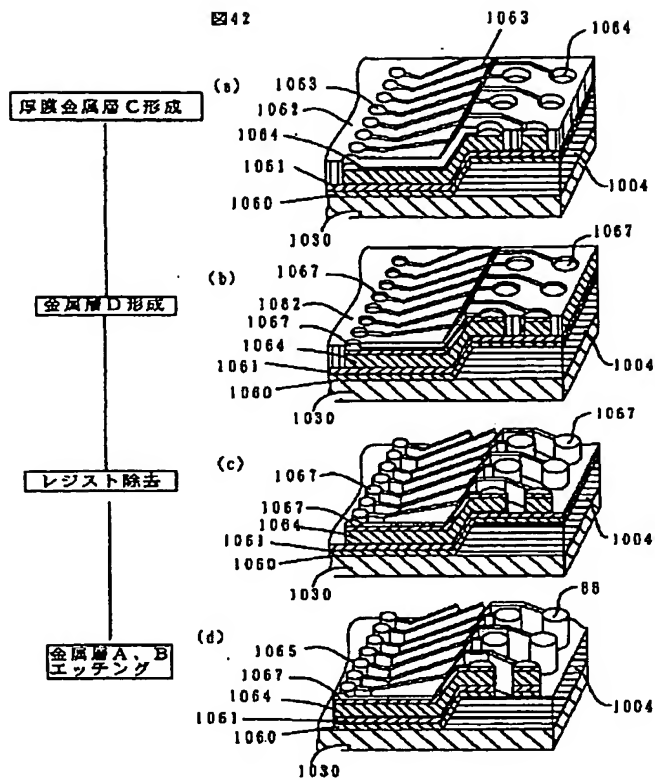
【図44】



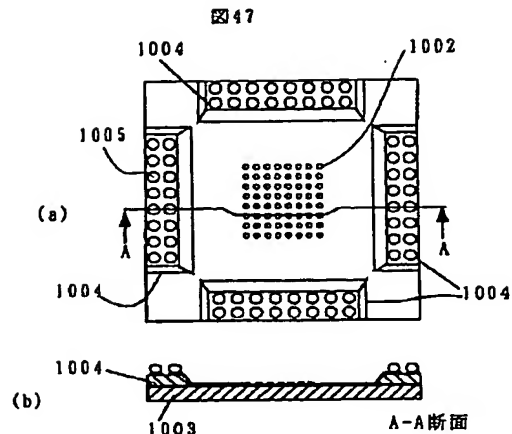
【図46】



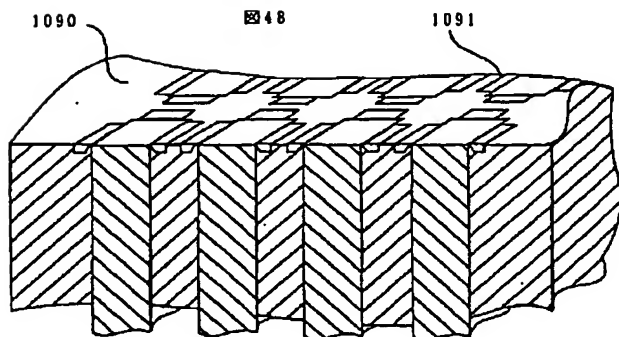
【図42】



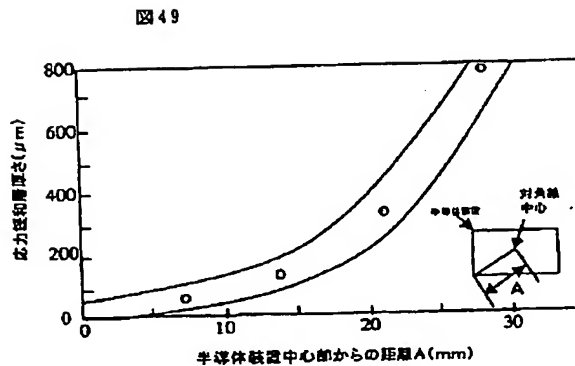
【図47】



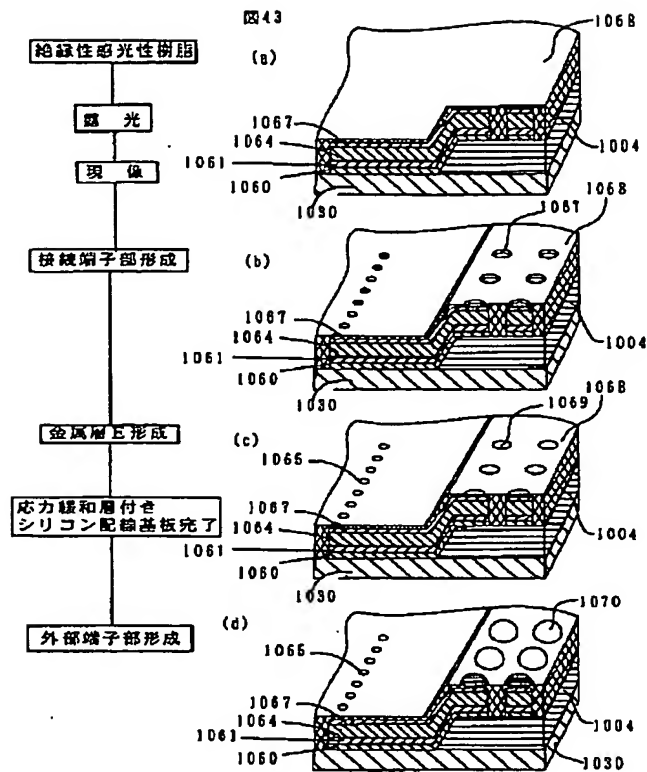
【図48】



【図49】



【図43】



フロントページの続き

(72)発明者 山口 欣秀  
神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地 株  
式会社日立製作所生産技術研究所内

(72)発明者 天明 浩之  
神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地 株  
式会社日立製作所生産技術研究所内

(72)発明者 諫田 尚哉  
神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地 株  
式会社日立製作所生産技術研究所内